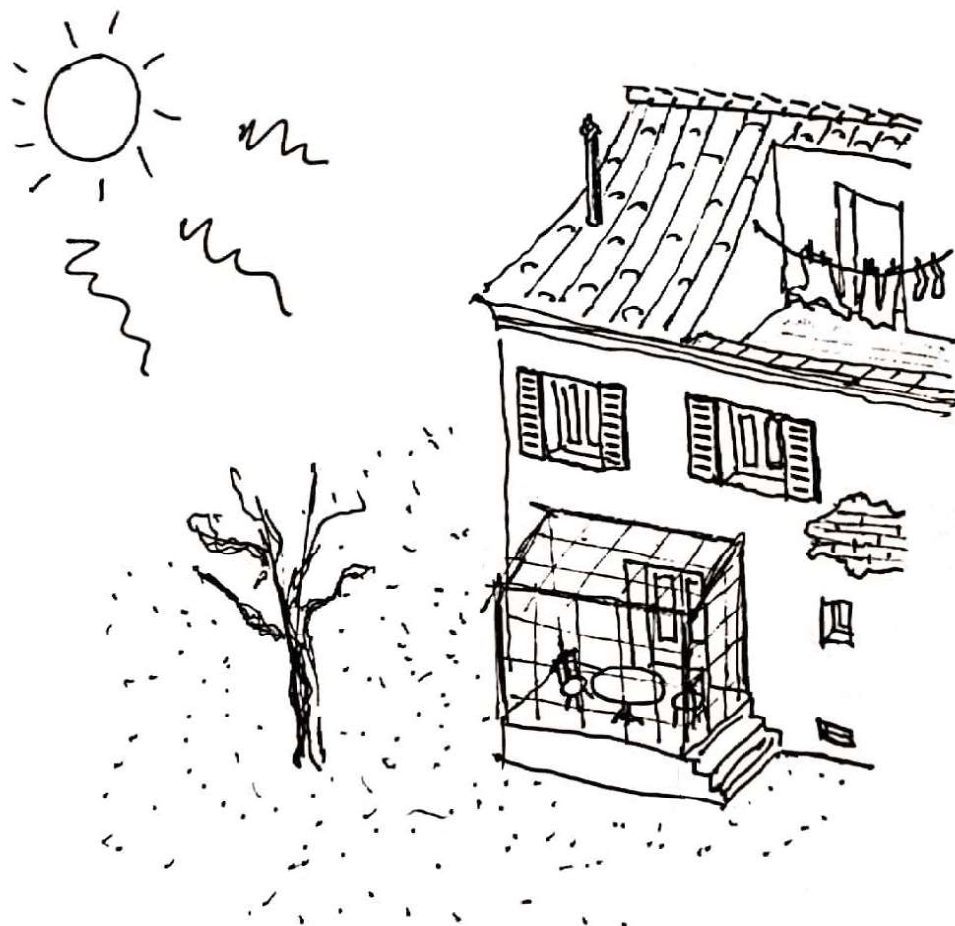


# Una sinergia sin energia.

Estudio y caracterización de soluciones bioclimáticas: La galería solar



Autor: José Antonio Calle Rebollo

Director: Albert Cuchí Burgos

Trabajo Final de Máster

Septiembre de dos mil veinte

## Una sinergia sin energía | ÍNDICE:

- 0. Resumen
- 1. ¿Qué es el bioclimatismo? Definición y conceptos generales:
  - \_ *Bioclimatismo, evolución y naturaleza: la adaptación de las especies al medio*
  - \_ *El bioclimatismo como estrategia en la envolvente pre-industrial*
- 2. Modernidad y crisis del petróleo. El doble cambio de paradigma hacia la envolvente frontera.
  - \_ *La revolución industrial: la depreciación de la envolvente como vector energético*
  - \_ *La crisis del petróleo y la perpetuación del edificio como máquina*
- 3. La envolvente bioclimática: Catálogo de elementos y técnicas bioclimáticas
  - \_ *Sistemas bioclimáticos de captación solar y/o de tiro de aire*
  - \_ *Estrategias bioclimáticas de regulación ambiental*
  - \_ *Estrategias bioclimáticas de absorción solar*
  - \_ *Estrategias bioclimáticas de carácter efímero o itinerante*
- 4. La galería solar: Definición y funcionamiento
- 5. La galería solar como caso de estudio: Ejercicio de análisis propuesto.
  - \_ *Parámetros de influencia en el comportamiento de una galería solar*
  - \_ *Estrategia de análisis del modelo informático*
  - \_ *Inputs o condicionantes de partida*
- 6. Primera parte de la investigación: Estudio en función de los parámetros de contorno.
  - \_ *Demanda anual, lugar y orientación*
  - \_ *El balance energético desglosado*
  - \_ *Confort y temperatura interior*
  - \_ *Doble verificación: Variaciones sobre los casos de estudio*
- 7. Las ganancias por radiación solar: Justificación del ahorro energético de las galerías.
  - \_ *Comparativa Ganancias radiación solar de un muro a Sur con y sin Galería*
- 8. El ciclo de la galería solar: Descripción del funcionamiento.
  - \_ *Esquema de funcionamiento y ciclo de la galería*

9. Conclusiones sobre el análisis de la galería tipo. Definición de su comportamiento:

- \_Factores que determinan el comportamiento de una galería*
- \_Estrategias para la cuantificación y la normalización*

ANEXO A: Tablas de resultados del análisis de los parámetros de contorno.

10. Segunda parte de la investigación: Estudio en función de los parámetros de diseño y materialidad.

- \_El tipo de muro entre la galería y el interior*
- \_Superficies traslúcidas: influencia del tipo de vidrio, el porcentaje de hueco y su disposición*
- \_Conclusiones generales sobre los parámetros de diseño y constructivos de la galería*

ANEXO B: Tablas de resultados del análisis de los parámetros de diseño y constructivos.

11. Relación entre la galería y el edificio. El factor de fachada exterior/interior

- \_Formas de relación entre la galería y el edificio*
- \_El factor de fachada y el ancho de la galería*

ANEXO C: Tablas de resultados del estudio del factor de fachada sobre la galería tipo.

12. Sombras proyectadas sobre la galería desde el exterior.

13. Infiltraciones y ventilación

- \_La galería y el impacto de las infiltraciones en la vivienda*
- \_La ventilación natural*

14. Propuesta para la normalización y el reconocimiento de las galerías dentro del CTE

- \_Ficha modelo de caracterización*
- \_¿Y ahora qué? Conclusiones y pasos a seguir para incorporar al CTE los sistemas bioclimáticos*

ANEXO D: Ficha para el reconocimiento de las galerías solares en el CTE

15. Bibliografía:

- \_De los textos y reflexiones introductorias*
- \_Del estudio de la galería solar*

## CAT\_Resum:

*Es defineix la bioclimàtica com la qualitat d'un edifici <<que tracta d'aprofitar les condicions del medi en favor de l'usuari>>. Així, les societats tradicionals han fet servir aquestes estratègies, mostrant la importància del lloc, el clima i l'ús dels espais a l'hora de maximitzar l'eficiència en la gestió dels recursos.*

*L'arribada de la revolució industrial va permetre climatitzar els edificis mitjançant l'ús dels combustibles fòssils extrets de la litosfera, d'una forma més còmoda i econòmica. Aleshores, en termes d'energia, es va entendre l'edifici com una màquina, on la relació de la seva pell amb l'entorn no es tindrà sempre en compte com una forma de guanyar o dissipar energia.*

*La crisi de 1974 va manifestar que els recursos fòssils no eren il·limitats. La resposta normativa va ser aleshores, perpetuar la idea de l'edifici com una màquina, limitant la transmissió de l'envolupant, sense considerar tots els altres factors que influeixen en l'eficiència energètica.*

*Avui, amb l'emergència climàtica, l'eficiència en la gestió dels recursos deu ser cada vegada més gran. És per això, que cal recuperar les estratègies bioclimàtiques, la seva eficiència ha sigut contrastada durant milers d'anys. No obstant, les exigències normatives del nostre temps, on tot deu estar normalitzat, dificulten el seu reconeixement.*

*És per això, que aquest document, centrat en el cas de la galeria solar, tracta de trobar fórmules per explicar el seu comportament, i que puguin ser reconegudes.*

## ENG\_Abstract:

*Bioclimatic is defined as the quality of a building << that tries to take advantage of the environmental conditions for the benefit of the user >>. Thus, traditional societies have used these strategies, showing the importance of place, climate and the use of spaces when it comes to maximizing efficiency in resource management.*

*The arrival of the industrial revolution will allow to air-condition buildings through the use of fossil fuels, extracted from the lithosphere, in a more comfortable and economical way. Then, in terms of energy, the building is to be understood as a machine, where the relationship of its skin with the environment will not always be taken into account as a way to gain or dissipate energy.*

*The 1974 crisis will show that fossil resources were not unlimited. The normative response will then be to perpetuate the idea of the building as a machine, limiting the transmittance of the envelope, without considering all the other factors that influence energy efficiency.*

*Today, with the climate emergency, the efficiency of resource management must be increasing. That is why it is necessary to recover bioclimatic strategies, with an efficiency that has been proven for thousands of years. However, the regulatory requirements of our time, where everything must be standardized, make it difficult to recognize.*

*Therefore, the study carried out in this document, focused on the case of the solar gallery, tries to find formulas to explain its behavior, and that can be recognized.*

## FR\_Sommaire:

*On définit la bioclimatique comme la qualité d'un bâtiment <<qui agit de profiter les conditions environnementales en bénéficiant l'utilisateur>>. Ainsi, les sociétés traditionnelles se sont servies de ces stratégies, montrant l'importance du lieu, du climat, et de l'usage des espaces à l'heure de maximiser l'efficacité dans la gestion des ressources.*

*L'arrivée de la révolution industrielle permettra de climatiser les bâtiments parmi l'utilisation des combustibles fossiles, extraits de la lithosphère, de manière plus confortable et économique. Alors, en termes d'énergie, le bâtiment sera compris comme une machine, où la relation de sa peau avec l'environnement ne sera plus prise en compte comme un important facteur à l'heure de gagner ou de dissiper de l'énergie.*

*La crise de 1974 montrera que les ressources fossiles ne sont pas illimitées. Cependant, la réponse des exigences réglementaires sera de perpétuer l'idée du bâtiment comme machine, limitant alors la transmittance de l'enveloppe, sans considérer tous les autres facteurs qui influencent l'efficacité énergétique.*

*À nos jours, avec l'urgence climatique, l'efficacité dans la gestion des ressources doit être chaque fois plus grande. Alors, il est nécessaire de récupérer des stratégies bioclimatiques. L'histoire prouve son efficacité depuis des milliers d'années. Cependant, les exigences réglementaires de notre temps, où tout doit être normalisé, les rendent difficile à reconnaître.*

*C'est pourquoi que l'étude réalisée dans ce document, centrée sur le cas de la galerie solaire, tente de trouver des formules pour expliquer leur comportement, permettant d'y être reconnues.*

## RESUMEN:

Se define la bioclimática como aquella cualidad de un edificio <<que trata de aprovechar las condiciones medioambientales en beneficio de los usuarios>> Así, las sociedades tradicionales se han servido a lo largo de la historia de estrategias bioclimáticas, poniendo de manifiesto la importancia del lugar, el clima y el uso de los espacios, como forma de maximizar la eficiencia en el uso y gestión de los recursos.

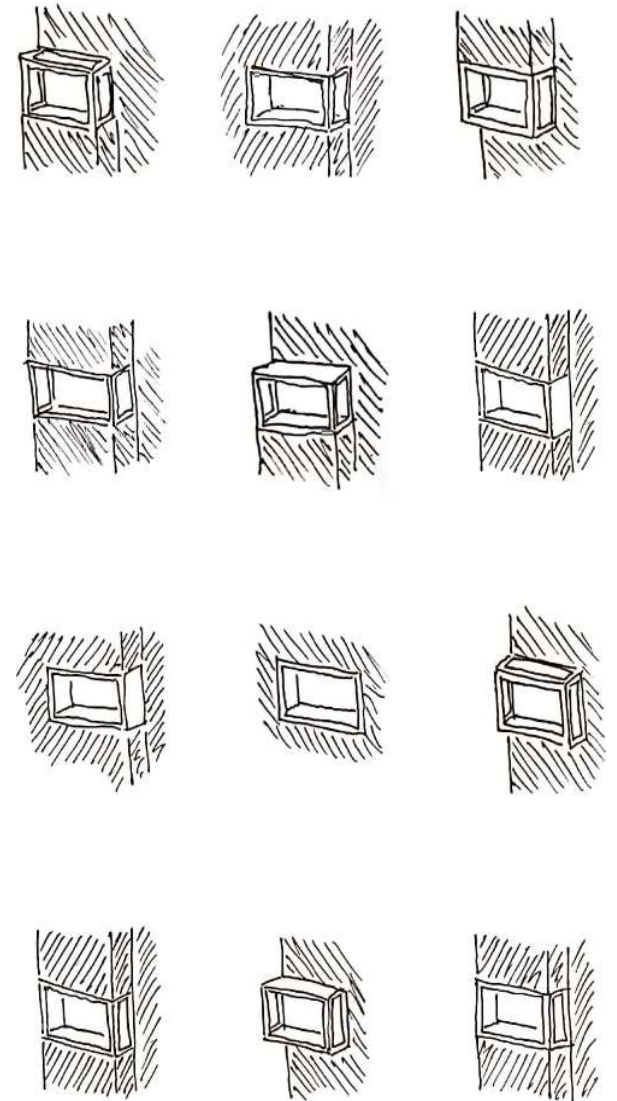
La llegada de la revolución industrial supuso un auge en la disponibilidad y el uso de combustibles fósiles, permitiendo calefactar los edificios a un bajo precio, minusvalorando la capacidad de la envolvente como elemento de mediación con el entorno, llegando a entender el edificio como una máquina autónoma que no dependía de él.

La crisis de 1974 puso de manifiesto que los recursos fósiles no eran eternos. Sin embargo, se perpetua la idea del edificio como una máquina: las normativas de construcción pasan desde entonces a limitar la transmitancia de la envolvente, tratando de mejorar la eficiencia del edificio autómatas, y olvidando todo lo demás.

Debido a la emergencia climática de nuestros días, la exigencia de eficiencia en los edificios es cada vez mayor, al tiempo que debemos reducir la dependencia y sobreexplotación de los recursos, para garantizar la sostenibilidad. Es por ello que se deben volver a poner en valor las estrategias bioclimáticas.

Sin embargo, los parámetros de normalización actuales y su enfoque hacia la idea de una envolvente frontera dificultan el reconocimiento de los elementos bioclimáticos, al entrar en juego diversos factores.

Es por ello que, centrado en el caso de las galerías solares, este trabajo trata de reconocer esos factores y cómo influye cada uno en el balance energético, para así tratar de establecer un método simplificado que explique su comportamiento y permita su reconocimiento.



## 1. ¿Qué es el bioclimatismo? Definición y conceptos generales:

*Bioclimatismo, evolución y naturaleza: la adaptación de las especies al medio.*

La idea de confort climático ha ido desde siempre vinculada no sólo a la humanidad y la construcción del medio en el que vive. Es algo ligado a la propia existencia de la vida y a la biología. La necesidad de unas condiciones de humedad y temperatura es una de las razones que explican por qué las especies han sobrevivido y se han adaptado a unos medios, y no a otros.

Es una de las razones por la que existen determinados pelajes y plumajes, que explica la existencia de madrigueras y los períodos de hibernación de algunos animales. E incluso, en nosotros mismos, es la razón que explica la diversidad y el cambio de tonalidad de piel en la especie humana. Las dos imágenes anexas muestran, por una parte, la distribución de la tez de piel de las poblaciones indígenas en la Tierra, y por otra, la incidencia de energía solar en el globo. Vemos como existe una relación entre ambas: las zonas con mayor incidencia solar coinciden, de forma aproximada, con la localización de los pueblos de tez más oscura, mientras que según nos vamos a zonas donde se reduce esta incidencia de la radiación solar, la tonalidad de piel se aclara.

Esto no es casualidad, se trata de la adaptación al medio en el proceso evolutivo del ser humano: En las zonas de mayor exposición a la radiación solar, la concentración de melanina en la piel aumenta, oscureciéndola, para así protegernos de la radiación ultravioleta. Por su parte, en las zonas de baja radiación solar, la concentración de melanina bajará, aclarando la piel, para favorecer la absorción de la misma y, por tanto, favorecer la producción de vitamina D en unas condiciones donde resulta más complicado. Huelga decir que tanto el exceso de radiación ultravioleta como la carencia de vitamina D generan problemas de salud.

Esto es, la propia naturaleza ha reconocido mediante la evolución a lo largo de millones de años la relación entre sujeto, lugar y clima para favorecer la adaptación y supervivencia de aquél.

*El bioclimatismo como estrategia en la envolvente pre-industrial.*

Las sociedades antiguas así, desde la creación de los primeros espacios habitables, no han hecho sino replicar la estrategia adaptativa de la naturaleza: a partir de la observación y el empirismo,

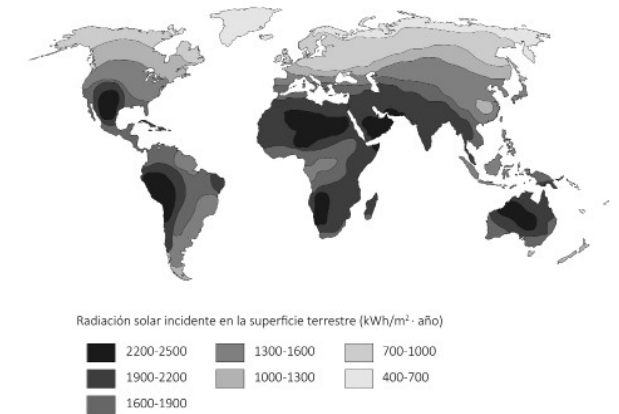


Fig. 1.1. Mapa de la distribución del color de piel en las poblaciones indígenas. Imagen Original: Redacción Quo (25/07/2012). Fuente: <https://www.quo.es/ciencia/a31167/por-que-eres-blanco-o-negro/>

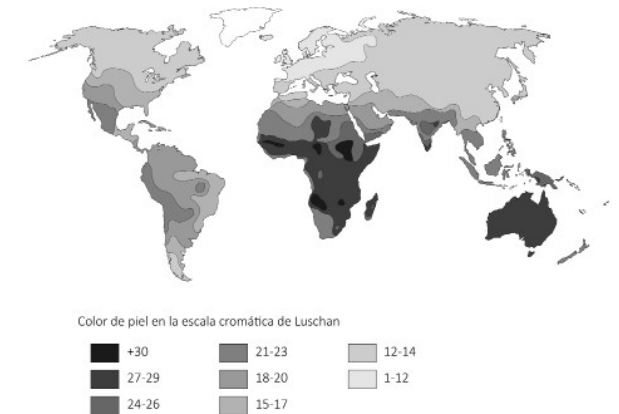


Fig. 1.2. Mapa de radiación solar del mundo. Imagen Original: Muhammad Qamar, R. et al. (01/07/2016). Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/The-world-solar-energy-map-Zhang-et-al-2013\\_fig2\\_305321699](https://www.researchgate.net/figure/The-world-solar-energy-map-Zhang-et-al-2013_fig2_305321699)

reconocer el territorio, los recursos que ofrece, y su clima, para adaptarse a él de la forma que mejor garantice la supervivencia.

Centroeuropa es una región que se caracteriza por unos inviernos duros y unos bosques frondosos. En esas condiciones, el recurso de la leña como forma de calentar el hogar parece lógico e incluso abundante, pero no por ello ha sido históricamente menospreciado y malgastado, todo lo contrario.

En la vivienda campesina del valle del Tyrol, al principio del otoño se recogían los leños, secos, antes de la llegada de las primeras lluvias. Estos leños eran almacenados, apilados, en torno a la piel del edificio principal, cumpliendo una doble función: No sólo calentarían el hogar siendo quemados, sino que antes, el tiempo que estuviesen almacenados, engrosarían la envolvente, haciendo de colchón térmico y reduciendo las pérdidas de la misma. Progresivamente, al llegar la primavera, la leña desaparecerá y en verano quedará la envolvente del edificio desnuda, más transpirable y adaptada al clima templado.

No sería el recurso de la leña el único utilizado y aprovechado en estas latitudes. En la ciudad medieval, la vivienda-taller de los gremios de artesanos se caracterizaba por la existencia de un soportal porticado en la planta baja, un espacio intermedio entre la vivienda y la calle que facilitaba el mercadeo y la protección del producto durante el día.

Durante la noche, estos mismos espacios podían servir para dar cierto cobijo a los animales. El calor que desprendían estos durante la noche subiría hacia el techo, esto es, el suelo de la planta superior, funcionando como una especie de suelo radiante. Aquellas estancias podían así funcionar como dormitorios donde, a una temperatura más confortable, conciliar mejor el sueño.

Más allá de Europa y de la Edad Media, podemos encontrar estrategias más complejas que éstas, más lejos en el espacio y en el tiempo, en todo el mundo a lo largo de la historia.

El interior de Irán es un territorio desértico, con un clima cálido y seco durante el día, y temperaturas frescas durante la noche. Así, se hizo necesario buscar soluciones que permitiesen refrescar las estancias durante el día. Una estampa característica de la ciudad histórica en aquella región es la presencia de unos torreones en los edificios que llegan incluso a caracterizar el paisaje urbano.



*Fig. 1.3. Leña apilada contra una pared. Imagen: Autor desconocido. Fuente: <https://www.hogar.mapfre.es/bricolaje/reformas/elegir-leña-para-chimenea/>*



*Fig. 1.4. Soportales en Tillac (Gers, Francia). Imagen: Autoría propia (05/09/2017). Archivo personal*



Efectivamente, estas “torres” no son fruto de la búsqueda del ornato o una muestra de poder de los clanes. Son captadores de viento y cumplen una función puramente pragmática: el aclimata-  
miento de los espacios interiores.

Su funcionamiento es algo complejo y se detallará en un punto ulterior del presente documento. No obstante, de forma resumida, su funcionamiento consistía en captar el aire caliente del exterior y, dada la altura, jugar con la diferencia de presión y densidad del aire para generar un tiro de aire que permitiese disipar mejor el calor del interior. Si además, se combinaba con un qanat, un con-  
ducto de agua subterráneo, permitía extraer aire fresco del mismo y enfriar la estancia.

La presencia del qanat no era un elemento casual tampoco. La escasez del agua en los climas desérticos, recurso fundamental para la vida, implicó ya no sólo una estrategia de la gestión del recurso en la escala doméstica, sino en la escala territorial para garantizar la supervivencia. Las mi-  
nas y los oasis son los elementos que permitieron configurar la ciudad del desierto, maximizando el aprovechamiento del recurso hídrico de forma sostenida en el tiempo.

Volviendo hacia nosotros, vemos cómo la gestión de la envolvente como método para maximizar el confort térmico se fue implementando y mejorando hasta la víspera de la revolución industrial.

A mediados del siglo XVIII, el cristal era un material comúnmente usado en la construcción de galeones en los puertos de Ferrol y La Coruña. Su uso fue pronto implementado por los maestros de obra de la zona, construyendo galerías en las fachadas de los edificios, permitiendo por un lado mejorar la protección de las estancias frente a los fuertes vientos de la zona, y por el otro, calefac-  
tarlas mediante la radiación solar, además de conseguir un efecto ornamental que rápidamente se pondría de moda.

Según la Real Academia Española, se entiende la bioclimática como aquella cualidad de un edificio <<que trata de aprovechar las condiciones medioambientales en beneficio de los usuarios>>. Así, por tanto, podemos decir que las sociedades tradicionales se han servido a lo largo de la historia de estrategias bioclimáticas, poniendo de manifiesto la importancia del lugar, el clima y el uso de los espacios, como forma de maximizar la eficiencia en el uso y gestión de los recursos.



Fig. 1.5. Torres atrapavientos en Yazd (Irán). Imagen: Lluís Mi-  
quel Hurtado. Fuente: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-sa-lud/ciencia/2019/09/03/5d6e7d6ffddff08228b45df.html>



Fig. 1.6. Galerías solares. Imagen: Manoli Egea Ortega. “Gale-  
rias de La Marina en la ciudad de La Coruña”. Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/594475219533704508/>



## 2. Modernidad y crisis del petróleo. El doble cambio de paradigma hacia la envolvente frontera:

*La revolución industrial: la depreciación de la envolvente como vector energético*

La llegada de la revolución industrial supuso una ruptura con los modelos tradicionales de gestión del territorio, pasando de un modelo de administración de los recursos de la biosfera que garantizaba el cierre de los ciclos metabólicos, a una sociedad industrial que ha basado su desarrollo en la explotación de los recursos de la litosfera, no retornándolos y alterando las condiciones de los ecosistemas a lo largo de los últimos dos siglos.

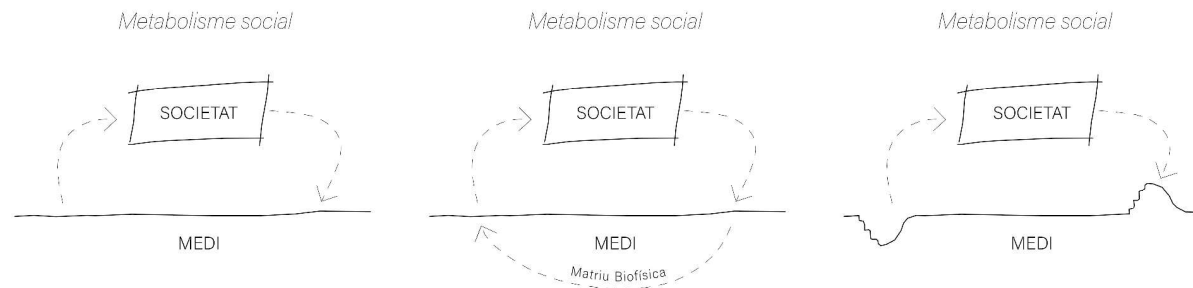


Fig. 2.1. De la sociedad orgánica a la sociedad industrial. Diagrama de flujos metabólicos. Elaboración propia. Fuente: Cuchi Burgos, A. (2019) "Metabolismo social y ciudad". MISMeC curso 2019/20

La consecuencia es, a día de hoy, una situación de emergencia climática en la que, de no revertir el modelo con la mayor brevedad posible, corremos el riesgo de alterar las condiciones de la biosfera de una forma irreversible y con unas consecuencias desconocidas para el planeta, que ponen en riesgo nuestra supervivencia como especie. Un ultimátum que implica la descarbonización de la sociedad para el año 2050, para volver a cerrar dichos ciclos y garantizar la sostenibilidad del planeta, y por tanto, la de nuestra propia existencia como especie.

La revolución industrial supuso, por tanto, la llegada a las viviendas de las redes de suministro de gas natural, petróleo y carbón primero, y de electricidad después, supusieron un cambio de paradigma: a la hora de cocinar, iluminar, calentar agua o calefactar la vivienda, se pasó del uso de unos recursos limitados, con un rendimiento menor, a otros que ofrecían un rendimiento mayor, una mayor comodidad y a un precio cada vez más barato a medida que se popularizaba, mediante

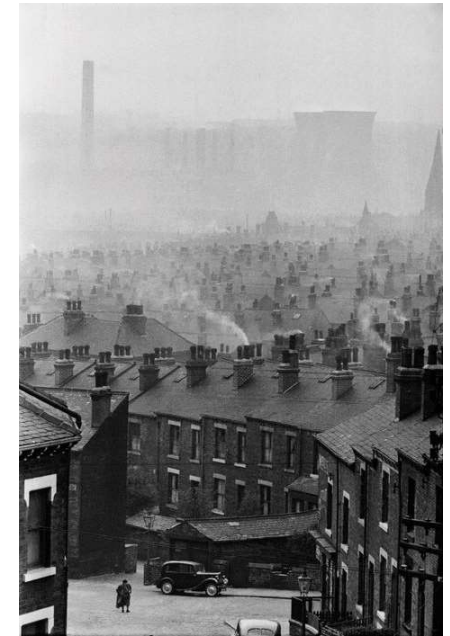


Fig. 2.2. Paisaje de chimeneas en un suburbio industrial de Leeds. Autor: Marc Riboud (1954). Fuente: <https://architectureofdoom.tumblr.com/post/75072428748/undr-marc-riboud-gb-england-leeds-1954>

el uso de un recurso aparentemente ilimitado. El capitalismo había llegado a los hogares.

Es por ello que, el peso que habían tenido en las edificaciones tradicionales la búsqueda de un confort climático, mediante el uso de técnicas constructivas y estrategias bioclimáticas, tanto en la construcción como en el uso posterior, fue progresivamente perdiendo importancia, hasta prácticamente desaparecer en la arquitectura del movimiento moderno.

Podemos extraer esta conclusión de la propia Carta de Atenas y de su reflejo luego en las construcciones de mediados del siglo XX. Cuando el movimiento moderno habla de conceptos como el asoleamiento, la vegetación o la ventilación se hace siempre desde un criterio higienista y una búsqueda por luchar contra la insalubridad de la ciudad industrial.

Prueba de ello es uno de los edificios más emblemáticos del movimiento moderno, el sanatorio para tuberculosos de Alvar Aalto en Paimio, Finlandia. La orientación es el elemento clave del proyecto, pues lógicamente busca aprovechar la luz solar desde su propiedad curativa. La ventilación o el control lumínico son elementos que se estudian desde la búsqueda de la higiene y del mayor confort del paciente, que se cuida hasta el más mínimo detalle. Si bien estas estrategias generan cierto funcionamiento bioclimático del edificio mediante el aprovechamiento y gestión de la luz solar, lo más probable es que la gestión de los recursos energéticos no fuesen un objetivo o condición del proyecto, sino una consecuencia.

Uno de los autores de La Carta de Atenas y uno de los máximos exponentes del movimiento moderno, si no el que más, fue Le Corbusier. En su concepción de la vivienda llegó a describirla como una <<machine à habiter>>, esto es, una máquina para vivir. Entiende así la vivienda como un elemento capaz de resolver todo lo que pasa dentro de ella, supeditada a la técnica y a la dependencia de ésta de la energía.

La relación con el entorno, desde el punto de vista técnico, no es sino una cuestión de higiene. El confort climático parece quedar, en todo caso, relegado a un segundo plano y supeditado a aquella, pues era algo que la máquina era capaz de resolver.

Desde esta perspectiva, no parece casualidad que uno de los edificios de máximo exponente del movimiento moderno sea el pabellón alemán de la Expo de 1929 en Barcelona, de Mies Van der Rohe.

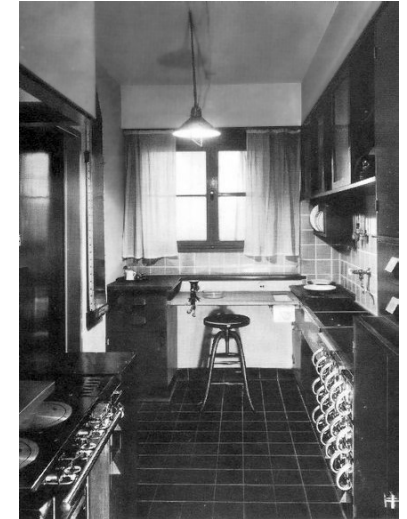


Fig. 2.3. La cocina de Frankfurt de Margarethe Schütte - Lihotzky, 1924. Imagen: Autor desconocido. Fuente: <http://designhistoryesd.blogspot.com/2013/06/movimiento-moderno-2-parte.html>



Fig. 2.4. Sanatorio antituberculoso de Paimio, Alvar Aalto (1929). Imagen: Autor desconocido. Fuente: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/sanatorio-antituberculoso-paimio/#>

Si bien es cierto que un pabellón puede ser entendido como un espacio semiexterior, que no tenga unos requisitos de confort climático, esta estrella del movimiento moderno es un edificio que se caracteriza por la disolución de los límites entre el interior y el exterior, hasta casi no existir dicho límite, y por el uso en la envolvente de la piedra y el cristal con el fin de ganar transparencia y generar una sensación de libertad. Parece poner de manifiesto que la gestión del recurso energético en el ideal del movimiento moderno era un problema que, acorde a la época, no era relevante.

Así, desde el punto de vista energético, podemos lanzar la hipótesis de que el concepto de envolvente energética tomó un papel secundario e incluso irrelevante. Se conformó así un ideal de no-envolvente, donde en los elementos que la configuraban primaban lo ideológico, estético y estructural frente a aquélla.

#### *La crisis del petróleo y la perpetuación del edificio como máquina.*

Casi medio siglo después de la irrupción del movimiento moderno, llegó la crisis del petróleo de 1974. Ella supuso un cambio de paradigma, poniendo de manifiesto que los recursos fósiles no eran eternos ni ilimitados. La energía, por tanto, tampoco lo era, ni el crecimiento ligado a ésta. La edificación se vió entonces como uno de los sectores que más energía consumía, por lo que se hizo necesario limitar su consumo: es así como empiezan a surgir las primeras normativas de ahorro energético.

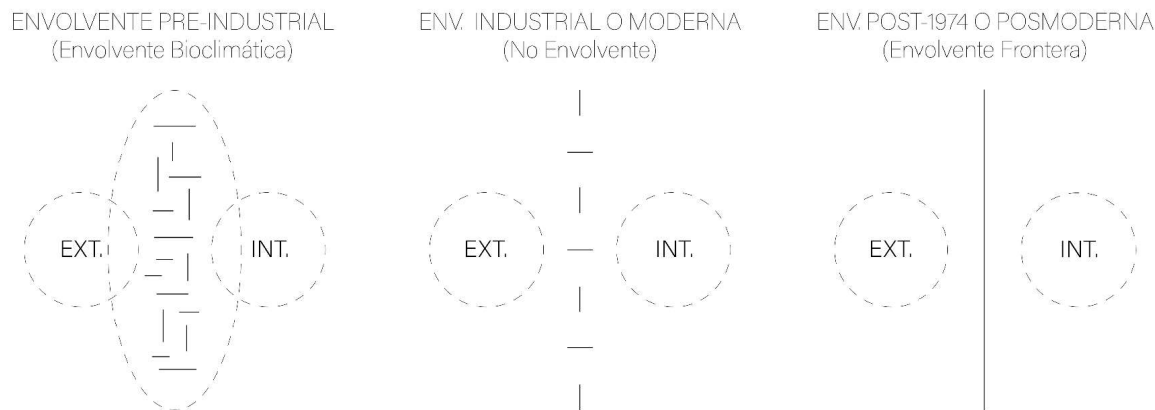


Fig. 2.7. Evolución del concepto de envolvente en el tiempo; un doble cambio de paradigma. Elaboración propia



Fig. 2.5. Pabellón de Alemania para la Expo Universal de Barcelona, Mies Van der Rohe (1929). Imagen: Autor desconocido. Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-69314/clasicos-de-arquitectura-el-pabellon-aleman-mies-van-der-rohe>



Fig. 2.6. Instalación de SATE en un edificio por la mejora de la eficiencia energética. Imagen: Autor desconocido. Fuente: <http://www.movinghome.es/blog/2018/08/13/en-busca-de-la-eficiencia-energetica/>

Sin embargo, no se vuelve a tratar la envolvente como en la época pre-industrial, como un elemento de interacción con el medio, sino todo lo contrario. Se perpetua la idea del movimiento moderno, que entiende la vivienda desde el punto de vista técnico como una máquina, la cual debe mejorar su eficiencia. Para ello, se limita la transmitancia de la envolvente (a menor transmitancia, menores pérdidas tendrá la máquina) y pasa así a ser un elemento barrera con el exterior, que no debe dejar escapar la energía. Esto es, se instaura la idea de la envolvente como un elemento frontera.

Se hace así necesario reivindicar la envolvente bioclimática, que a día de hoy queda supeditada al encaje normativo dentro de la lógica del ahorro energético y el elemento frontera. Una lógica reciente, que impera desde hace menos de medio siglo y cuyo concepto no permite siempre poner en valor las virtudes de aquella. Su uso durante miles de años en la historia de la humanidad son la prueba empírica de su valor como estrategias de confort climático en la vivienda, de un modo ecológico y sostenible en el tiempo.



*Fig. 2.8. Espacio intersticial en edificio ICTA, Cerdanyola del Vallès. H-Arquitectes. Imagen: Adrià Goula. Fuente: <http://www.harquitectes.com/projectes/centre-recerca-uab-icta-icp/>*

### 3. La envolvente bioclimática: Catálogo de elementos y técnicas bioclimáticas:

A lo largo de las últimas décadas, la estandarización y la normalización han ido cobrando cada vez más peso. En un mundo cada vez más global y complejo, donde impera la lógica del capital, se hace necesario cumplir una serie de requisitos cuantificables que garanticen unos estándares de calidad y seguridad en los bienes y servicios.

Es por ello que, igual que el valor de la envolvente frontera se puede medir mediante su transmitancia, en  $W/m^2K$ , se hace necesario encontrar métodos que permitan poner en valor las estrategias y sistemas bioclimáticos de una forma medible, que permita el reconocimiento de la envolvente bioclimática en igualdad de condiciones con aquélla.

De este modo, el presente punto presenta un listado de sistemas y estrategias bioclimáticas, descritas brevemente, que se proponen para su estudio, análisis y su reconocimiento normativo. La primera de ellas, la galería solar, será el objeto de estudio del presente documento, que será analizada en detalle y sometida a estudio, con el fin de encontrar los parámetros que denoten su comportamiento y poder extraer así una serie de reglas que permitan su normalización.

#### *Sistemas bioclimáticos de captación solar y/o de tiro de aire:*

- **La galería Solar:** Se trata de usar o crear un espacio intermedio en el exterior del edificio (terrazas, porches, balcones e incluso la cubierta) donde se instala una segunda piel de un material traslúcido o transparente hacia fuera, como vidrio o policarbonato. Su función es similar a la de un invernadero, captando y reteniendo la energía de la luz solar para conseguir una mayor temperatura en el interior. También puede funcionar como espacio tapón, aunque no haya radiación solar. Es el elemento bioclimático seleccionado para someter a estudio en el presente documento. Su funcionamiento, por tanto, se detallará mejor más adelante.

- **El atrio/patio solar:** Similar a una galería solar, pero en este caso, sobre un espacio interno del edificio (patio o atrio) al que se le coloca encima una montera de material también traslúcido o transparente. Tiene partes practicables que permiten que, en verano, debido a la diferencia de altura, funcione como un tiro de aire que ventile y refresque el edificio



Fig. 3.1. Galerías Solares en el Quartier du Grand Parc, Burdeos. Laccaton & Vassal, 2016. Imagen: Jordi García. Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/914815/transformacion-de-530-viviendas-sociales-grand-parc-bordeaux-ganador-del-eu-mies-award-2019>



Fig. 3.2. Atrio en la cooperativa de vivienda La Borda, Barcelona. La Col Arq. Imagen: La Col i Lluc Miralles. Fuente: <http://www.lacol.coop/projectes/laborda/>



- **La torre de viento y la chimenea solar:** Estos dos elementos que tienen un comportamiento opuesto, pueden ser contados a la vez pues juegan con los mismos principios: el tiro de aire y su diferencia de presión y densidad.

El primero ya ha sido contado antes, en el primer apartado, repasando técnicas históricas de aclimatación. En climas cálidos y secos, se capta mediante una torre la corriente de aire que pasa sobre el edificio (a mayor altura, el aire estará más caliente). Lo ideal es llevarlo a un espacio lo más fresco y húmedo posible en el subsuelo. Tradicionalmente, como se ha contado antes, se usaba un qanat, pero podría implementarse otro medio con unas condiciones similares.

La diferencia de presiones y temperaturas hará que el aire caliente y seco busque escapar de nuevo hacia el exterior. Este es por tanto canalizado de nuevo por la torre hacia arriba, generando un tiro de aire que arrastrará parte del aire fresco y húmedo con él. El aire más fresco y húmedo quedará esta vez en las estancias del edificio, refrescándolas, mientras que el aire caliente volverá a salir.

En caso de no existir un qanat o elemento similar en el subsuelo, la torre de viento puede funcionar en todo caso como un elemento que mejore mediante el mismo tiro de aire la ventilación del edificio, ayudando a disipar el calor.

La torre solar, por su parte, juega con los mismos principios, aunque los usa de forma diferente. Es una torre que se coloca también sobre el edificio. Esta torre tiene dos partes: una parte baja, donde se capta la energía solar y se calienta el aire en su interior. En la parte alta se ubica, por su parte, una boca de extracción. Este aire subirá así hacia la parte superior de la torre, que, al estar conectada con el interior del edificio, generará un tiro de aire que arrastrará el aire más caliente del interior del edificio.

- **El muro Trombe:** Similar a colocar una galería solar en una fachada orientada hacia el sol, pero maximizando su efecto: se pinta el muro de negro y se reduce el espacio intermedio entre el muro y el vidrio a una cámara de unos cuantos centímetros. De este modo, el aire contenido en la cámara se calienta mucho más y más rápido. Colocando unas aberturas en la parte inferior y superior del muro hacia el interior del edificio, este aire se podrá tomar de la habitación, calentarlo y recircularlo, aumentando la temperatura del aire de forma directa.



Fig. 3.3. Chimeneas Solares en Cristalleries Planell, Barcelona. H-Arquitectes. Imagen: Adrià Goula. Fuente: <http://www.harquitectes.com/projectes/centre-civc-cristalleries-planell-barcelona/>



Fig. 3.4. Muro Trombe en la casa Trombe-Michel, Font Romeu, Francia. Imagen: Autor desconocido. Fuente: <https://huellas-dearquitectura.wordpress.com/2018/10/22/muros-trombe-que-son-y-como-funcionan/>



Para el verano, unas aberturas entre la cámara y el exterior del edificio permiten que ésta funcione como una cámara ventilada, haciendo más fresco el espacio interior.

*Estrategias bioclimáticas de regulación ambiental:*

- **La inercia Térmica:** La inercia térmica es una propiedad en sí de todos los materiales, relacionada directamente con su densidad, calor específico y conductividad térmica.

A mayor inercia térmica, un material tardará más tiempo en liberar la energía que previamente ha absorbido. Por tanto, en aquellos lugares donde hay una diferencia de temperatura notable entre el día y la noche, la inercia térmica es una propiedad que puede servir como regulador térmico, atemperando el espacio.

Así, de este modo, un cerramiento que trabaje con inercia térmica funcionará mejor cuando el decalaje entre la absorción y la liberación de la energía se acerque más a las 12h

- **El agua:** El uso del agua como material puede cumplir una doble función a modo de estrategia bioclimática de regulación térmica. Por un lado, dada su relación entre densidad y calor específico, es el material con mayor inercia térmica que existe. Por el otro, regulando la humedad del aire.

La función de los mares y océanos es de hecho, por esta razón, clave en la regulación de la temperatura en la superficie terrestre.

- **La vegetación:** El uso de vegetación es otra estrategia que puede cumplir una doble función a la vez. Por un lado, como elemento que proyecta sombra, bien durante todo el año o sólo durante el verano, en función del tipo de hoja. Por otro, como regulador térmico, debido al fenómeno de la evapotranspiración.

### *Estrategias bioclimáticas de absorción solar:*

- **La proyección de sombra:** Cualquier elemento que proyecte sombra sobre la envolvente de un edificio reduce la cantidad de radiación solar que ésta recibe, reduciendo la ganancia de energía en el balance del edificio. Una ventaja en climas cálidos y/o en verano.

Existen sistemas abatibles, como los toldos, lamas móviles y persianas, que permiten regular la incidencia de energía solar a cada momento. No obstante, como la posición del Sol varía a lo largo del año, elementos fijos como aleros, lamas, e incluso, el propio relieve del cerramiento, son estrategias que permiten proteger del sol en verano y captarlo en invierno.

### *Estrategias bioclimáticas de carácter efímero o itinerante:*

- **Elementos removibles:** Al principio se ha explicado el ejemplo de la casa campesina Suiza y el leñero, que hacía mutar el cerramiento a lo largo del año. Es un ejemplo como muchos otros a lo largo de la historia que muestran, mediante la interacción con el usuario, una modificación del comportamiento de la envolvente, bien a lo largo de un día o de todo el año. Aunque estas estrategias lleguen a basarse en el uso de elementos sencillos, rudimentarios e imprecisos, y puedan requerir de una implicación activa por parte del usuario, su aporte puede llegar a ser determinante en el confort de los espacios.

- **Uso itinerante del espacio(nomadismo):** Una idea inherente al concepto de envolvente frontera es que una estancia debe garantizar el confort térmico a lo largo de todo el día y todo el año. Cabe preguntarse si esto debe ser así o, por el contrario, se puede entender que un espacio podría estar ligado un uso y ocupación durante unas determinadas horas del día o unas estaciones del año, en las cuales deba garantizar el confort climático. Y que fuera de este período fuese quedase desocupado, pues bien no hace falta o bien su uso es alterno con otra estancia.

Esta es la principal característica que define a la casa-patio sevillana: una vivienda que se habita en planta baja en verano, con techos altos, espacios abiertos hacia el patio y materiales frescos; mientras que en invierno se habita en planta primera, con techos más bajos, estancias más enclaustradas y materiales más cálidos, arropados por la doble piel que generaba la planta de cubierta, que llega a servir para el almacenamiento de enseres y para el hospedaje del servicio de la vivienda.



Fig. 3.5. Las Hilanderas, Diego Velázquez (1655). Fuente: <https://www.muyhistoria.es/h-moderna/fotos/10-cuadros-de-velazquez/hilanderas>



Fig. 3.6. Patio de la Casa Salinas, Sevilla. Imagen: Autor desconocido. Fuente: <https://jardinessinfronteras.com/2018/11/05/patios-de-casas-de-la-nobleza-de-sevilla/>

#### 4. La galería solar: Definición y funcionamiento.

Como ya se ha comentado en el punto anterior, la galería solar es un sistema que genera un espacio intermedio entre la piel del edificio y el exterior, hacia donde se instala una segunda piel. Este espacio, en primera instancia, reducirá las pérdidas al amortiguar la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior, como cualquier cámara o doble piel.

Sin embargo, lo que diferencia a las galerías de las otras dos es que, esta piel externa será, al menos en buena medida, de un material traslúcido o transparente, que capte y retenga la energía de la radiación solar.

Su funcionamiento es por tanto similar a colocar un invernadero sobre la piel del edificio, captando y reteniendo la energía de la luz solar para conseguir una mayor temperatura en el interior.

Así, en un invernadero, la energía solar llegará al paramento de vidrio en forma de luz, por lo que lo atravesará directamente. Esta energía será entonces absorbida por los paramentos interiores del invernáculo, que se calentarán y la empezarán a emitir en forma de radiación. Ésta, al no poder atravesar el vidrio de forma directa, como si hace la luz, calentará el aire, haciendo aumentar la temperatura en su interior.

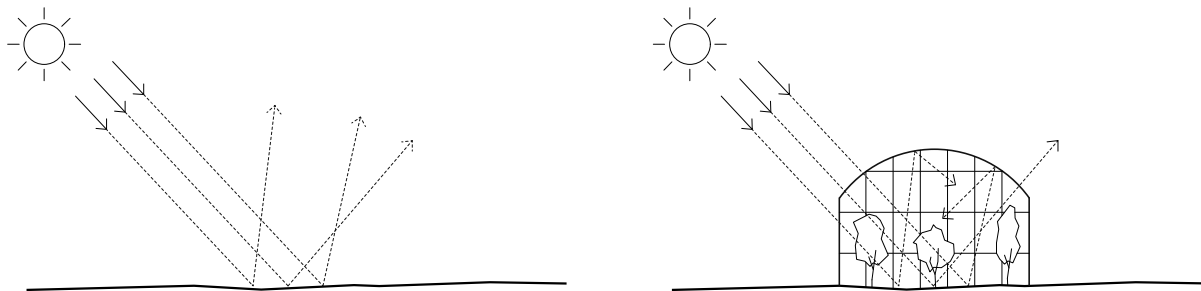


Fig. 4.1. Esquema explicativo del efecto invernadero. Elaboración propia

Por tanto, al colocar una galería solar sobre una fachada, haces que se enfrente a una temperatura mayor no sólo que la del exterior, sino incluso llegando a hacerlo a una temperatura mayor que la del interior, generando ganancias en lugar de pérdidas y reduciendo la demanda de calefacción del edificio.

## 5. La galería solar como caso de estudio: Ejercicio de análisis propuesto.

Recordemos que el objetivo principal del presente documento es tratar de comprender mejor el funcionamiento de las galerías solares, para así tratar de establecer una serie de reglas o normas, de carácter simplificado, que puedan explicar su comportamiento y faciliten su reconocimiento normativo.

Para ello, se trabaja con el programa de cálculo energético dinámico Design Builder, que nos permitirá evaluar el comportamiento de una galería de forma <<empírica>> sobre un modelo informático, que nos describa lo que en ella ocurra.

### *Parámetros de influencia en el comportamiento de una galería solar:*

En primer lugar, se ha establecido una serie de parámetros, los cuáles se ha considerado que influyen en el comportamiento de la galería, en mayor o menor medida. El objetivo es, por tanto, saber cómo es esa influencia, así como la relación que se establece entre esos diferentes parámetros, para así poder obtener una regla que, de forma simplificada, nos permita explicar y cuantificar lo que ocurre en una galería, objetivo del presente trabajo.

Los parámetros considerados son los que aparecen en el esquema a continuación, que se han clasificado en 3 grupos: los parámetros de contorno, que serían aquellos condicionantes previos, los parámetros de diseño, relacionados con la formalización de la galería, y los parámetros de materialidad, que serían aquellas características intrínsecas de los materiales usados en los paramentos.

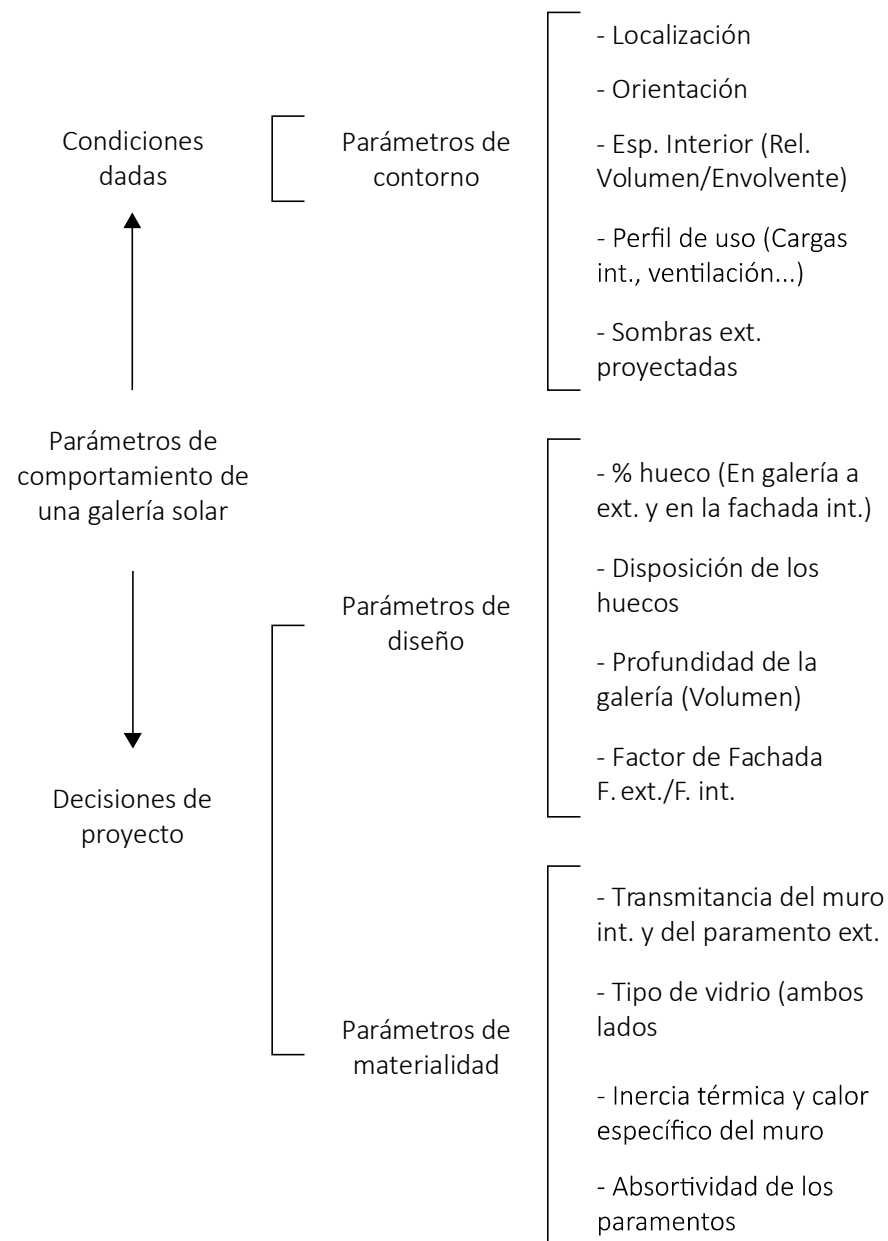


Fig. 5.1. Clasificación de los parámetros de influencia en una galería. Elaboración propia

### *Estrategia de análisis del modelo informático:*

Una vez determinados los parámetros que pueden influir en el comportamiento de la galería, se establece una estrategia para analizarlos en el modelo informático.

Así, por tanto, el estudio se estructura en dos partes:

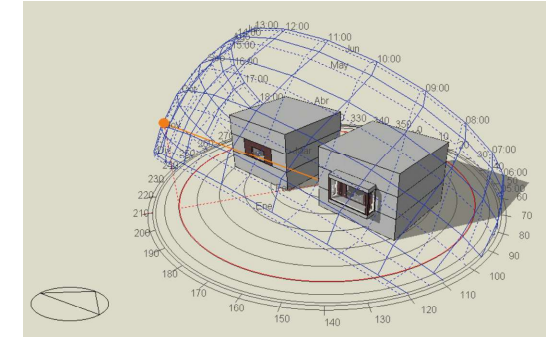
- En primer lugar, se define una galería tipo, con unas condiciones de diseño y materialidad simples, que sean representativas del contexto español. Esta galería se estudiará así en función de sus parámetros de contorno (orientación, localización, espacio interior...), que serán los más importantes al ser condicionantes de partida. Se intentará así reconocer su comportamiento respecto a ellos, analizando lo que ocurre minuciosamente para así poder comprender su funcionamiento.
- En segundo lugar, a partir de unas mismas condiciones de contorno, jugar a modificar uno por uno cada parámetro de diseño o materialidad de la galería tipo, para deducir cómo influye cada uno en el comportamiento de ésta. Así, se podrán relacionar de forma lógica todos estos parámetros, para poder deducir una hipótesis de funcionamiento que permita cuantificar y normalizar el funcionamiento de las galerías.

### *Inputs o condicionantes de partida:*

De entrada, cabe aclarar que el estudio se centra en la aplicación de las galerías a los edificios de uso residencial, por lo que los parámetros que se introducen serán acordes a esta escala.

- **Casos de estudio:** En primer lugar, se establece una serie de habitaciones y viviendas, sobre las que se instalarán la galería, a modo de casos de estudio. Serán por tanto 7 modelos que se han considerado representativos del parque de vivienda español: una habitación de 3x3 (representativa de un dormitorio), una habitación de 3x6 y de 6x3 (representativas de un salón-comedor), una habitación de 6x6 (representativa de un estudio), y viviendas de 6x12, 12x6 y 9x9, unas dimensiones representativas del parque español.

En principio, los casos de estudios serán adiabáticos tanto por el suelo como por el techo. Esto es,



*Fig. 5.2. Imagen del modelo informático de un caso de estudio en Design Builder. Elaboración propia*

no intercambiarán calor por ellos. Tampoco lo harán por las particiones o medianeras. Lo harán únicamente por las fachadas. Las habitaciones tendrán una de sus caras como fachada, mientras que las viviendas tendrán dos. La galería, ocupará el 100% de la fachada de la habitación, haciendo lo mismo sólo en una de las dos de la vivienda.

No obstante, también se harán pruebas modificando la relación entre fachadas y el porcentaje que ocupa la galería en ellas, pues supone también una condición de contorno.

La altura, tanto para los casos de estudio como la galería respectiva, será siempre de 3 metros.

- **Galería tipo:** Se establece una galería de 1,5m de fondo, con dos pilastras de pie de ladrillo macizo de 24cm en las dos esquinas exteriores. Salvando éstas, el paramento de vidrio ocupará el restante paramento de fachada, alineada con el límite exterior de la galería. Se usa de entrada un vidrio simple, de 3mm de espesor, se toma la carpintería que viene dada por defecto en el programa.

Al igual que con las viviendas y habitaciones, se considerarán los forjados superior e inferior adiabáticos, como si hubiese otra galería idéntica en ellos. Los paramentos laterales si darán a exterior, también acristalados, y el ancho de la galería será variable en función de aquél de la habitación/vivienda.

- **Condiciones de contorno exteriores (localización y orientación):** De entrada, se introducen 6 posibles localizaciones, Barcelona y otras cinco (Málaga, Sevilla, La Coruña, Madrid y Burgos) que representan cada una de las zonas climáticas de invierno de España, de la A (más suave) a la E (más dura).

En cuanto a orientaciones posibles, se trabajará con los 4 puntos cardinales básicos (N,S,E,O) y ocasionalmente, también con el Sureste y el Suroeste.

- **Condiciones de contorno interiores (cargas internas):** Se establecerán unas condiciones tipo en el interior, que sean representativas de las cargas internas en una vivienda. Se toma el perfil de uso residencial estándar del programa. De entrada, se estiman unas cargas de ocupación y de iluminación de 1 pers./ 20m<sup>2</sup> y de 0,55 W/m<sup>2</sup> 100 lux, representativas de la vivienda española.

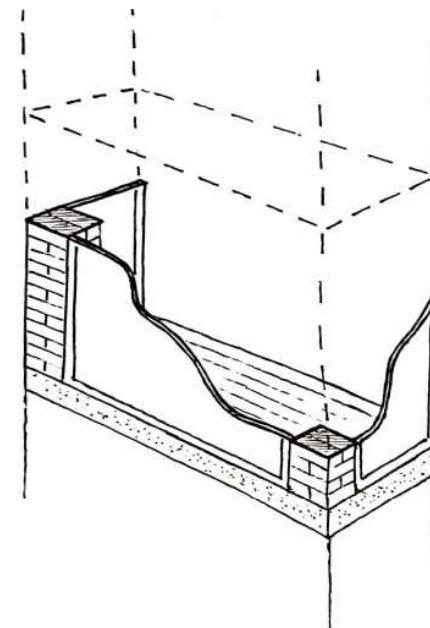


Fig. 5.3. Vista axonométrica de la galería tipo estudiada. Elaboración propia

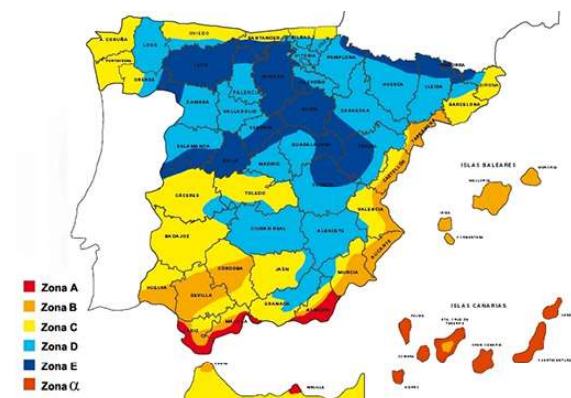


Fig. 5.4. Zonas climáticas de Invierno según CTE. Imagen: Infoconstruccion.es (10/10/2013). Fuente: [https://www.infoconstruccion.es/noticias/20131010/aislamiento-protagonista-nuevo-cte#.X0-\\_xcgzZPY](https://www.infoconstruccion.es/noticias/20131010/aislamiento-protagonista-nuevo-cte#.X0-_xcgzZPY)



Aunque finalmente, se opta por aumentar la ocupación a 1 pers./ 18m<sup>2</sup>, y se omite la carga de iluminación, pues es una variable en función de la cantidad de luz natural, y por tanto, no permite evaluar el funcionamiento de los muros según el % de hueco de forma adecuada.

- **Tipos de muro de fachada (transmitancia, inercia térmica y absorptividad):** Para comprobar los parámetros de materialidad, vinculados al muro de fachada, se eligen los siguientes tipos de muro, para someterlos a examen:

1. Muro de medio pie de Ladrillo Macizo de 14cm de espesor: Transmitancia de 3,82 W/m<sup>2</sup>K, y Absortividad 0,7

2. Muro de un pie de Ladrillo Macizo de 24cm de espesor: Transmitancia de 3,06 W/m<sup>2</sup>K, y Absortividad 0,7

3. Muro de pie y medio de Ladrillo Macizo de 30cm de espesor: Transmitancia de 2,73 W/m<sup>2</sup>K, y Absortividad 0,7

4. Muro de ½ de Ladrillo Macizo, cámara de aire de 5cm y tabique de Ladrillo Hueco de 7cm, revestido con 1cm de mortero: Transmitancia de 1,41 W/m<sup>2</sup>K, y Absortividad 0,7

5. Muro de ½ de Ladrillo Macizo, capa de aislante EPS de 5cm y tabique de Ladrillo Hueco de 7cm, revestido con 1cm de mortero: Transmitancia de 0,43 W/m<sup>2</sup>K, y Absortividad 0,7

6. Panel Sándwich de planchas de aluminio de 5mm de espesor, con alma de EPS de 5cm de espesor: Transmitancia de 0,53 W/m<sup>2</sup>K, y Absortividad 0,6

7. Panel Sándwich de contrachapado de madera en ambas caras, lacada en blanca y pulida hacia el exterior (baja absorptividad), con alma de EPS de 5cm de espesor: Transmitancia de 0,39 W/m<sup>2</sup>K, y Absortividad 0,26

8. Muro de Ladrillo Macizo de 24cm de espesor, pintado en negro (alta absorptividad): Transmitancia de 3,82 W/m<sup>2</sup>K, y Absortividad 0,95

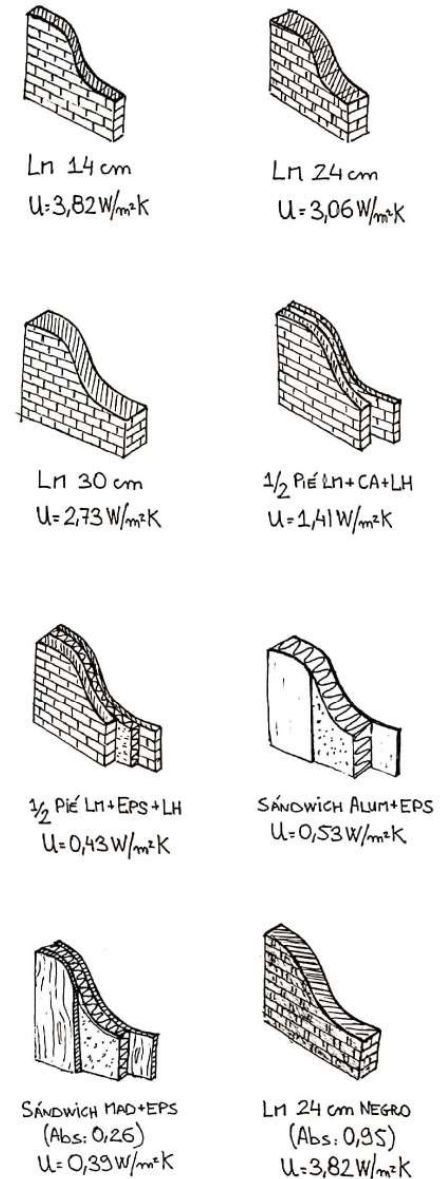


Fig. 5.5. Detalle de los tipos de muro seleccionados para el estudio. Elaboración propia

- **Porcentaje de hueco y tipo de vidrio:** De entrada, se trabaja con un muro opaco hacia el interior, para poder estudiar mejor su comportamiento. Sin embargo, se comprobará también cómo afecta el tamaño del hueco al comportamiento de la galería, haciendo pruebas con huecos del 15%, 30% y 60% sobre el paramento de fachada.

Respecto al tipo de vidrio, se usa en el caso tipo uno simple de 3mm, pero se comprobará también el funcionamiento con uno de 6mm, y con vidrio doble de 6+6+6. Se probarán indistintamente tanto en el hueco del muro interior, como en el paramento a exterior de la galería.

También se hacen comprobaciones variando el % de superficie de captación de la galería (30%, 60% y 100%) respecto al total del paramento exterior, así como su disposición (continuo de suelo a techo, varía la anchura de las jambas; continuo en el ancho de la fachada, varía la altura del antepecho).

- **Profundidad de la galería:** Se considera uno de los parámetros más relevantes, al determinar la sombra incidente sobre el muro interior de la galería. Realmente lo es la relación altura/profundidad, pero al ser el primero un parámetro fijo ligado a los casos de estudio, se juega con la segunda.

Se probarán profundidades desde los 60 centímetros, hasta los dos metros y medio.

-**Estanqueidad, infiltraciones y ventilación:** Se jugará con el número de renovaciones hora que sufre la galería, considerando de entrada en el caso tipo el valor de 1 ren./h. Se entiende que, a menor estanqueidad de la galería, perderá más aire “calefactado” y su eficiencia debe ser menor.

Respecto al interior de la vivienda, se ha considerado el valor de infiltración y ventilación como un valor fijo y constante. No obstante, en la vida real, las pérdidas que éstas implican, se producirían por el conjunto de la envolvente, entre ellas la fachada donde se instala la galería, por lo que,, al instalar la galería, estás alterando ese parámetro.

Así, el hecho de instalar una galería en una fachada lleva implícito la consecuente reducción de las pérdidas por la misma. Por tanto, se ha decidido obviar este parámetro en el experimento, al considerar que es difícilmente cuantificable y que implicaría contemplar en los cálculos no sólo parámetros que afectan al balance energético, sino relativos a la mecánica de fluidos. En todo caso, se hace una reflexión sobre este tema en un punto ulterior del presente documento.

## 6. Primera parte de la investigación: Estudio en función de los parámetros de contorno.

Una vez fijados los <<inputs>> o condiciones de partida, se construyen en Design Builder los modelos de los 7 casos de estudio. A modo comparativo, se montan tanto los casos de estudio que harán de referencia (sin galería) como con ella, pudiendo comparar el ahorro que se pudiese obtener en un caso respecto a otro.

### *Demanda anual, lugar y orientación*

Así, en primer lugar, se calcula la demanda anual de calefacción en función de su orientación y localización. Los resultados son los que se arrojan en la Tablas 1.1.1 y 1.1.2 (Anexo A, pg. 41-42), de donde se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Vemos que, tanto para los casos de referencia como con galería, la localización es determinante. Así, mientras peor es la zona climática, mayor es la demanda de calefacción.
- La orientación también es determinante. Tanto en los casos de referencia como con galería, la orientación a sur siempre tendrá una demanda menor, y la norte siempre una mayor. Las orientaciones Este y Oeste funcionan prácticamente igual, teniendo una demanda intermedia a las anteriores.
- Se observa que el ahorro que se obtiene, en números absolutos, es mayor para los peores climas y orientaciones, puesto que se parte de una situación más desfavorable. Sin embargo, porcentualmente, el rendimiento es mayor cuanto mejor sea el clima y la orientación de partida.
- Por tanto, como parece lógico, se constata que la orientación, dada la incidencia del sol, y el clima al que se enfrenta un edificio son determinantes en su demanda.

También, una primera deducción que se extrae de estas tablas es que parece existir una relación inversa entre la demanda y la proporción de fachada/galería: Vemos como, en los casos de referencia que tienen más fachada respecto a su volumen y, por tanto, un peor factor de forma, la

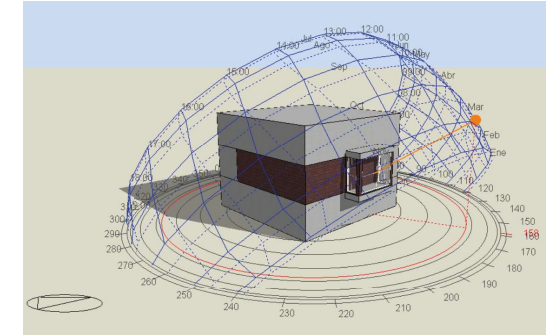


Fig. 6.1. Caso de estudio alternativo 6. Modelo informático en Design Builder. Elaboración propia

demanda inicial es peor. Sin embargo, al poner en esa fachada una galería en ese segundo caso, se consigue una reducción de la demanda mayor. Esta relación llega a parecer directamente una cuestión geométrica, si se comparan las habitaciones de 3x3 y de 3x6 en Barcelona, orientadas a Sur.

Es así como se decide investigar en esta línea, intentando comprobar esta relación entre la forma de la habitación y el ahorro que produce la galería, jugando a modificar las dimensiones tanto de la habitación como la vivienda tipo. Los resultados son los que se arrojan en las Tablas 1.4.1 a 1.4.5. (Anexo A pg. 48 y 49) Efectivamente, parecen mostrar que, mientras mayor es el peso de la fachada sometida a estudio en el balance, mayor es el ahorro y el rendimiento de una galería.

También vemos que, para cada caso, el valor del ahorro en Kwh/m<sup>2</sup> de fachada se mantiene aproximadamente constante, salvo una reducción exponencial que se produce cuando está por debajo de los 3 metros de anchura.

Se deducen, por tanto, los siguientes razonamientos:

- Parece existir, para un mismo tipo de galería, un ahorro que se podría expresar de forma constante, en función de los m<sup>2</sup> de fachada, habiendo una serie de parámetros que lo alteren.
- La propia geometría de la galería parece ser uno de estos factores, o la relación entre ésta y la geometría del caso de estudio. Explicaría la reducción exponencial que se produce por debajo de los 3 metros de anchura.
- Aunque se mantiene constante para cada caso de estudio, el valor Kwh/m<sup>2</sup> llega a ser bastante diferente cuando las condiciones de diseño interior varían. Las ganancias se duplican cuando el caso de estudio es una vivienda (doble fachada), en lugar de una habitación (fachada simple).

### *El balance energético desglosado*

A partir de aquí, para poder darle validez a esta primera intuición, se calcula en el modelo informático el balance térmico desglosado, durante el período de invierno. En esta ocasión, por pura optimización, el análisis se centra en tres localizaciones, Barcelona y las dos considerables como

“extremos” del clima peninsular, Burgos y Sevilla. En cuanto a orientación, se analizan también en los dos casos extremos, a Sur y a Norte.

Así, se puede conocer el balance entre todos los factores que según describe el programa, intervienen, que deberán ser tenidos en cuenta: la climatización, la temperatura interior, exterior y de la galería, las ganancias internas, las pérdidas por infiltraciones/ventilación, las ganancias solares a través del vidrio, y los balances propios del muro interior y del cerramiento exterior.

Los datos analizados son los recogidos en las Tablas 1.2.1 a 1.2.6 (Balance con calefacción) y de la 1.2.6 a 1.2.12 (sin calefacción) en el Anexo A (pg. 43 a 46) . Tras analizar estas tablas, las conclusiones que podemos extraer son las siguientes:

- Si se compara cada caso con el suyo propio de referencia, se puede ver cómo, las cargas internas tienden a reducirse, mientras que las pérdidas por ventilación aumentan. Esto se debe a que, pese a depender de valores introducidos como constantes por m<sup>2</sup> (densidad y caudal de renovación) la temperatura interior, en el caso con galería, es mayor. Por tanto, las personas y/o elementos, que el programa considera con una temperatura propia constante, emitirán menos energía al habitáculo. Por otra parte, se perderá más energía debido a las infiltraciones, puesto que el caudal es constante, y el diferencial con la temperatura exterior es mayor.

- La proporción entre la radiación solar y los m<sup>2</sup> de superficie de captación (vidrio) de la galería es constante, como es de esperar. No obstante, sufre leves alteraciones debidas a la proporción hueco/carpintería (diferentes para cada caso) y a los reflejos/sombras entre los propios casos de estudio (por razones de logística, eficiencia y garantías en los resultados, se decidió levantar todos los casos de estudio en un mismo archivo, colocados a una distancia prudente para que no influyan, pero que pueden explicar en parte estas leves distorsiones). En todo caso, son números coherentes con los datos del Atlas de la Radiación Solar de Catalunya para Barcelona

- Contra pronóstico, también vemos como en las fachadas a Norte existe también una ganancia por radiación solar. Esto es debido a que el software, al igual que pasa en la vida real, está considerando la radiación difusa en sus cálculos. Esta ganancia por radiación difusa viene siendo del orden de un 25% según estos resultados.

Habitación tipo:

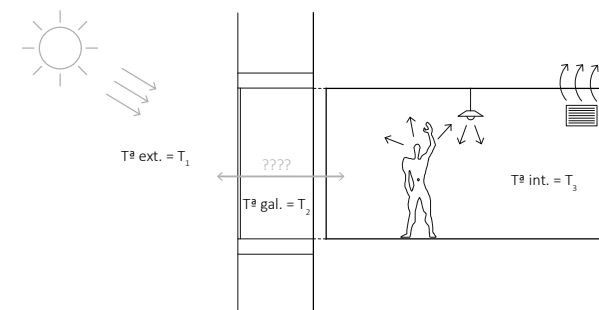


Fig. 6.2. Galería tipo. Diagrama sobre los factores que intervienen en el balance. Elaboración Propia

- Vemos como el muro entre la galería y el interior, al pasar de estar en contacto con el exterior, a estarlo con la galería, es un elemento que pasa de arrojar pérdidas en su balance propio, a prácticamente anularlas e incluso generar ganancias, según la orientación y clima. Esto es, el muro pasa a funcionar de forma contraria a como lo hacía antes.

- En los casos de vivienda frente a habitación, para una misma galería (Vivienda 6x12 y Habitación 6x3). Vemos como el flujo de energía a través del muro aumenta. Hay que tener en cuenta que, en el caso de la vivienda, existe una fachada anversa por la que se producen bastantes pérdidas, por lo que el balance entre ambas situaciones no dista tanto. En todo caso, este mayor flujo de energía parec explicar la divergencia de resultados de las Tablas 1.4.1 a 1.4.5. (Anexo A pg. 48 y 49)

- En el balance de invierno sin calefacción, resulta interesante cómo en algunos casos de referencia, orientados a Sur, llega a haber ganancias, mostrando cómo en el balance de un muro cualquiera no influye sólo su transmitancia, sino la radiación que incide sobre él.

### *Confort y temperatura interior*

Dentro de este apartado, y para los mismos supuestos que el balance, también se ha hecho el desglose del número de horas en cada rango de temperatura, sin tener encendida la calefacción, tanto en el caso de referencia como con galería. Son los resultados que se muestran en la Tabla 1.4 (Anexo A pg. 47)

Aquí es muy interesante ver, por un lado, lo que ocurre cuando consideramos la habitación como caso de estudio, y cuando se analiza el comportamiento global en una vivienda. Esto es, aunque en términos de demanda y balance energético, como ya se ha visto, quizás sea más realista considerar el caso de la vivienda, porque habrá pérdidas por otras partes de la envolvente, desde el punto de vista del confort es más realista hacerlo desde la habitación, pues habrá algunas en contacto directo con la galería, que serán las que realmente se beneficiarán del efecto galería, mientras las demás, en todo caso, lo harán de forma indirecta, al estar en contacto con aquéllas.

Se establecen así tres escalones básicos: las horas por debajo del umbral de salud, esto es, las horas por debajo de 17°C, las horas de desconfort, en el rango entre 17 y 20°C, y las horas de confort, aquéllas entre 20 y 27°C. También se han anotado las horas por debajo de 16°C, que ayudan a



comprender cómo de lejos se está en cada caso del umbral de salud, y las horas más allá de 27°C, donde aún en el período invernal, se debería abatir las hojas de captación de la galería, pues a partir de ahí se calienta el interior en exceso, volviendo a un estado de discomfort.

Así, vemos para las tres localizaciones estudiadas que, para la orientación sur, en la habitación ubicada en Burgos (clima más frío) se consigue reducir las horas por debajo del umbral de la salud en torno a un 70%. En la de Barcelona (clima templado) prácticamente se consiguen eliminar las horas bajo el umbral de salud y, en la habitación de Sevilla, directamente desaparece el discomfort, pudiéndose calefactar todo el invierno sólo con la galería, sin requerir ninguna máquina.

En el cómputo global de la vivienda, la reducción de las horas en bajo el umbral de la salud va desde un 10% en Burgos, a un 75% en Sevilla. Pero como se ha comentado, no es un dato realista, pues la vivienda no se comportará, a priori, de forma tan homogénea.

Lo interesante del análisis del confort es que, más allá del ahorro energético, desde un punto de vista social, una galería tipo como la que se ha estudiado podría garantizar que en una vivienda hubiese siempre, al menos, una habitación (esto es, un espacio habitable) que garantizase una temperatura sobre el umbral de la salud a sus habitantes. O al menos, lo hará durante la gran mayoría de horas. Una cuestión clave en situaciones de vulnerabilidad económica en la que los habitantes no se pueden permitir encender la calefacción.

### *Doble verificación: Variaciones sobre los casos de estudio*

Las Tablas 1.5.1 y 1.5.2 (Anexo A pg. 50 y 51) muestran la demanda anual y el balance de invierno en Barcelona a Sur, respectivamente, de los mismos casos de estudio mostrados anteriormente, pero haciendo modificaciones en su envolvente (factor de forma y orientación de muros) y de la proporción de galería que se instala sobre la misma.

Estos ejemplos verifican que, mientras menor es su factor de forma, esto es, por cada m<sup>3</sup> de volumen aumenta su superficie de envolvente, más influencia tiene ésta en el balance, aumentando el flujo de energía a través de la misma. Al mismo tiempo, se muestra que, cuando la presencia de galerías en la envolvente aumente, mayor será el ahorro energético que se consiga.

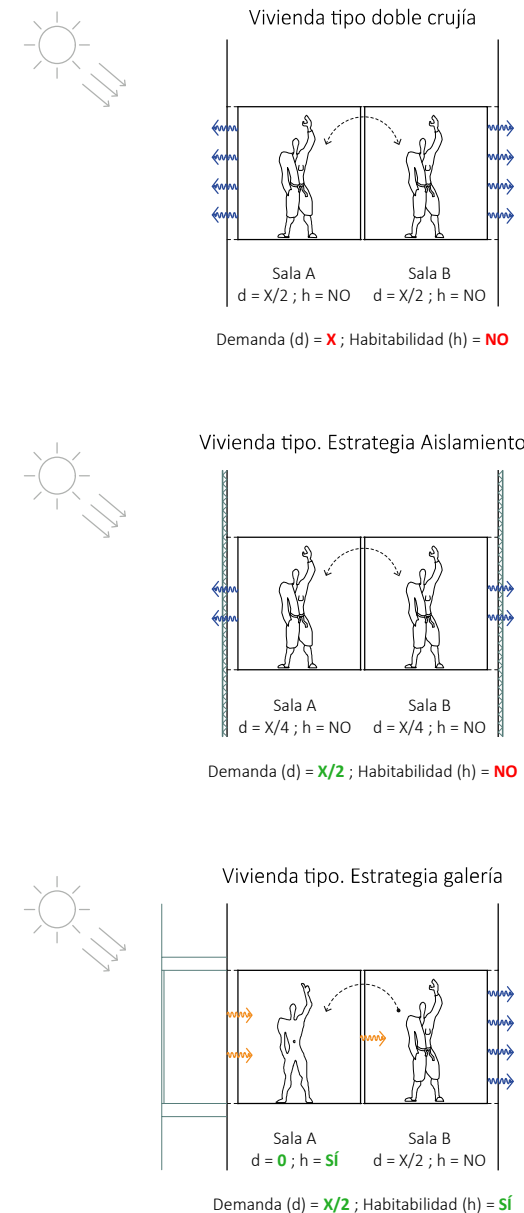


Fig. 6.3. Confort Vs Demanda. Dicotomía entre habitabilidad y ahorro. Elaboración propia

## 7. Las ganancias por radiación solar: Justificación del ahorro energético de las galerías.

Volviendo al balance, una de las cosas que se demuestran es que, incluso en los casos de referencia sin galería, los muros funcionan mejor a Sur que a Norte. De hecho, cuando se desactiva la calefacción, llegan a producir ganancias. Esto se debe claramente al aporte de energía de la radiación solar, que compensa las pérdidas por transmitancia del muro.

Dicha ganancia del muro se puede cuantificar como la radiación incidente, expresada en Kwh/m<sup>2</sup>, por la absorptividad del paramento de fachada. La energía que absorbe el muro se repartirá entonces entre el interior y el exterior, en función del diferencial de temperatura. Por tanto, el balance energético real de un muro vendrá dado por el equilibrio entre la radiación solar que éste es capaz de absorber y su transmitancia, ni siendo ésta el único vector que lo define.

Por tanto, cabe preguntarse si el criterio elegido por la normativa de ahorro de energía, en este caso el CTE-HE, cuyo objetivo es limitar la <<demanda>> de los edificios, es el adecuado. Pues determina el tipo de muro que se puede utilizar en función de la transmitancia y el clima exterior. Criterios como la orientación o la absorptividad, que hacen variar su comportamiento, no son tenidos en cuenta.

Por otro lado, esto quiere decir que, si colocamos una galería como la estudiada por delante de ese mismo muro y, como vemos, es capaz de reducir la demanda energética, la gran virtud de esa galería no será en sí la captación solar (pues el muro captará menos radiación, dada la sombra que proyecta la propia galería sobre el muro) sino, de algún modo, contener la energía que proyecta el muro hacia fuera, aumentando la temperatura del espacio de la galería. Así, conseguirá que el clima al que se enfrente la habitación sea más favorable, reduciendo las pérdidas por transmitancia e incluso generando ganancias

Para verificar esta hipótesis y determinar el comportamiento de la galerías en función de la radiación, se analiza a continuación tomando los datos del balance de la habitación de 6x3 orientada a Sur en Barcelona

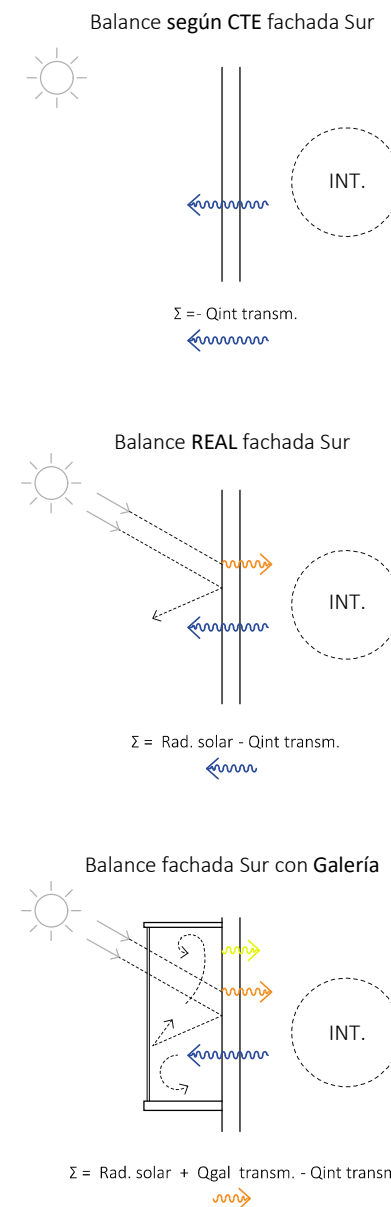


Fig. 7.1. Comparativa del balance energético de un muro a Sur: según CTE, balance real, y con galería. Elaboración propia

### Comparativa Ganancias radiación solar de un muro a Sur con y sin Galería:

Se recuperan los datos de la Tabla 1.2.1 (Anexo A pg. 43) para la habitación de 6x3 en Barcelona y orientada a Sur, que son los que se detallan en el lateral derecho.

En primer lugar, determinamos la transmitancia del muro que se había escogido, de **ladrillo macizo de 24cm** de espesor, que es de **2,72 W/m<sup>2</sup>k**. Tiene una superficie de **18m<sup>2</sup>**

Así, por un lado, tenemos que la diferencia de temperatura promedio en el caso de referencia con el exterior es de **11,36 – 19,16 = -7,8°C**

Por tanto: **2,72 W/m<sup>2</sup>k \* 18m<sup>2</sup> \* -7,8°C = -382,59 W**

Como el período de estudio son **180 días \* 24 horas: -382,59 W \* 4320 h = -1652,79 Kwh**

Esas son las pérdidas por transmitancia del muro, que compensadas por la radiación solar, tiene como resultado el balance. Por tanto, Si restamos pérdidas por transmitancia al balance, nos debe dar la ganancia que tiene la habitación por radiación solar, de forma directa:

$$-592,81 + 1652,79 = 1059,97 \text{ Kwh}$$

Estas serían las ganancias por radiación en el caso de referencia. Repetimos el mismo cálculo para el caso con galería:

Diferencia de temperatura con la de la galería **27,68 – 25,52 = 2,16°C**

Por tanto: **2,72 W/m<sup>2</sup>k \* 18m<sup>2</sup> \* 2,16°C = 105,95 W**

Período de estudio son **180 días \* 24 horas: 105,95 W \* 4320 h = 457,7 Kwh**

En este caso, como el muro tiene ganancias por transmitancia en lugar de pérdidas, las sustraemos al balance, para obtener las ganancias por radiación solar:

$$1034,93 - 457,7 = 577,23 \text{ Kwh}$$

### Balance Invierno. Muro INERCIA pié LM 24cm

#### Caso B (Hab. 6x3)

Balance (Kwh)	Ref.	Gal.
Temperatura media int.	19,16°C	25,52°C
Demanda Calef.	922,13	12,58
Pérdidas infiltraciones	-568,98	-967,65
Qint Iluminación	ND	ND
Qint Ocupación	232,57	179,57
Ganancias solar vidrio	ND	
Carga Latente	76,07	142,65
Demanda Refr.**	-0,83	-291,03
Cerramiento (Muro int.)	-592,81	1034,93
Galería Temp. media Ext./Gal	11,36°C	27,68°C
Ganancias Solares*	ND	6601,59
Balance muros ext.	ND	-547,15
Balance vidrio galería*	ND	-7973
Pérdidas Infiltracion	ND	-386,84
Rad. solar incidente galería		10231,48

Fig. 7.2. Extracto tabla 1.2.1. Habitación 6x3 en BCN Sur. Elaboración propia

Hay que tener en cuenta que esta no es la ganancia por radiación del muro en sí, sino aquélla ganancia que pasa hacia el interior de la habitación.

Podemos pensar que, efectivamente, al ser en el caso con galería la temperatura promedio en la habitación más baja que la “exterior” respecto al caso de referencia, debieran ser mayores las ganancias por radiación vertidas hacia el interior. Sin embargo, hemos de darnos cuenta que si la galería gana esa temperatura, es en buena medida gracias a que no deja “escapar” la radiación que el muro emite hacia fuera, haciendo que la temperatura en la galería aumente respecto a la del exterior.

No obstante, hemos de tener en cuenta que hay dos factores que están reduciendo la incidencia de radiación en el muro y, por tanto, reduciendo de forma proporcional la energía que el muro emitirá: La sombra proyectada por el alero, y la energía absorbida/reflejada por el vidrio.

En el caso de la primera, tomamos el ángulo de incidencia del sol a mediodía en Barcelona para el 21 de febrero/octubre, que es de unos 38°. Esa sería, no obstante, la situación más desfavorable a lo largo del día. Podemos estimar por tanto, el **ángulo de incidencia del sol promedio durante el día**, se acercaría más bien a unos 30°.

Al ser el **vuelo de la galería de 1,5 metros**, y el plano de **fachada de unos 3m de alto**, por trigonometría de los dos anteriores, quedaría en **sombra aprox. un 30% de la fachada**

Por otro lado, atendiendo al **balance de DB**, en torno a **1/3 de la radiación incidente no llega a traspasar el vidrio**, debido a su transparencia, absortividad y reflectancia. Por tanto, **sobre el muro llegará tan sólo un 37% de la radiación incidente inicial**.

Como el ladrillo usado de material de **fachada** tiene una **absortividad de 0,6** el muro **absorberá un 22% de la radiación incidente**. El resto se habrá quedado en la galería, revirtiendo en un incremento de la temperatura que, como ya se ha comentado, reduce e incluso invierte la transmitancia hacia el interior.

Hacemos ahora una verificación de que los datos que nos da el software, Design Buidar, son coherentes con la realidad. Hacemos una comparación entre la radiación solar incidente en Barcelona,

sobre un plano de fachada orientado a Sur, que se extrae del *Atlas de Radiación Solar de Catalunya*, y la energía que incide sobre la superficie de captación de nuestra galería, según Design Builder:

- Según este número:  $2,78 \text{ Kwh/día} \cdot \text{m}^2 * 180 \text{ días} * 18\text{m}^2 = 9007 \text{ Kwh}$
- Según los datos de Design Builder: 10231,48 Kwh

Son datos bastante coherentes, con una **diferencia de un 10%** que se explica porque, al calcular los datos del Atlas, se han depreciado los **paramentos laterales de la galería, a Este y a Oeste**, que según Design Builder están haciendo un aporte energético del orden de **500-600 Kwh** cada uno para el período estudiado.

Si calculamos el **22%** de los datos anteriores, nos da que la ganancia del muro es (dando por válido el dato de Design Builder) unos **2250 Kwh entre octubre y marzo**.

Con el número anterior, y sabiendo que la ganancia solar hacia el interior en el **balance del muro** es de unos **577,23 Kwh**, podemos deducir que el muro está vertiendo directamente **al interior el 25% de sus ganancias, frente al 75% que arrojará a la galería**, elevando la temperatura de ésta.

Si volvemos ahora al **caso de referencia**, la radiación que está captando en este caso será, por tanto, la incidente por el coeficiente de absortividad:  $10231,48 * 0,6 = 6138,89 \text{ Kwh}$

Si las **ganancias** solares vertidas **al interior** eran **1059,97 Kwh**, significa que **al exterior** se están vertiendo el resto, unos **5078,92 Kwh**. Por tanto, la relación en este caso es de un **17% de ganancias vertidas hacia el interior, frente a un 83% que se emite al exterior**.

Por tanto, se verifica que en valores absolutos se está captando menos energía de radiación en el muro, pero a cambio de aumentar la temperatura en la galería, haciendo que el ambiente al que se expone el muro sea favorable y se generen ganancias por transmitancia al interior, en lugar de pérdidas.

Se puede concluir por tanto que:

- En el caso con galería, aunque se capte menos energía en el muro, porcentualmente va irradiada hacia el interior más energía que antes.

- La energía que se irradiada en esta ocasión hacia el exterior queda retenida por la galería, que aumenta su temperatura, haciendo que el edificio se enfrente a un clima más favorable. De hecho, en casos como el estudiado, la galería llegará a tener una temperatura promedio más elevada que la del interior, haciendo que la energía que transmite el muro invierta su sentido y produzca ganancias.
- En un muro, habrá siempre unas ganancias por energía solar proporcionales a la radiación incidente y la absorptividad de la fachada. Esta energía se irradiará hacia el interior o el exterior, en función de sus temperaturas y de las propias características del muro (calor específico e inercia).
- En una galería, de forma idéntica a como pasa en un muro, habrá unas ganancias proporcionales a la radiación solar incidente, pero donde influyen más factores además del propio muro, dándoles más complejidad, y que determinan cuánta de esta energía es retenida (transparencia del vidrio, profundidad de la galería y absorptividad de su suelo). El reparto de estas ganancias se producirá, por tanto, en función de la temperatura de las tres zonas (interior, galería y exterior) y de las características tanto del muro entre la galería y el interior, como del cerramiento entre la galería y el exterior.
- Se podrá considerar, por tanto, que una galería funcionará desde el momento en el que aumento de la temperatura en su volumen, y por tanto, la reducción de las pérdidas por la fachada entre la galería y el edificio, compensen la pérdida de las ganancias por radiación solar hacia el interior del edificio producidas por el propio cuerpo de la galería (proyección de sombra sobre el muro) y la reflectividad del vidrio o material traslúcido empleado para la <<captación>>.



## 8. El ciclo de la galería solar: Descripción del funcionamiento.

### Esquema de funcionamiento y ciclo de la galería

Se supone una galería tipo como la estudiada, colocada sobre la fachada de una habitación, orientada a Sur y sobre la que incide radiación solar durante todo el día. El resto de muros son adiabáticos, siendo todo el intercambio de energía con el exterior a través de la fachada donde se coloca la galería.

La habitación tendrá unas ganancias propias por sus cargas internas, y unas pérdidas por ventilación e infiltraciones, que se suponen independientemente del cerramiento.

Tenemos así tres espacios, con una temperatura asociada: El espacio A, o espacio exterior, con una temperatura  $T_1$  asociada, el espacio B, o espacio semiexterior, que corresponde a la galería, con una temperatura  $T_2$ , y el espacio C, en el interior, que sería la habitación, con una temperatura  $T_3$ . A priori, consideramos  $T_1$  como una temperatura constante, siendo las otras dos variables que dependan de ella.  $T_3$  será siempre mayor que  $T_1$ , dada la existencia de cargas internas. Según los principios de la termodinámica,  $T_2$  debería tener una temperatura intermedia entre ambas, pero consideraremos que al menos será igual o mayor que  $T_1$ .

- Considerando un instante  $h=0$  de partida, a primera hora de la mañana, si partimos de que la temperatura en la galería sea igual a la de exterior,  $T_2=T_1$ , la galería comenzará teniendo sólo ganancias, por transmitancia desde la habitación, y por radiación solar desde el exterior.

La radiación solar incidente se puede medir en  $W/m^2$  y será, por tanto, proporcional a la superficie de captación. Una parte de esta radiación penetrará al interior de la galería, otra será reflejada, y otra será absorbida por el propio material, en función de sus características propias (transparencia y absorptividad).

La radiación que penetra será absorbida o vuelta a reflejar hacia fuera por los paramentos de fachada y el suelo, bajo el principio de absorptividad, siendo luego liberados en función de la inercia térmica de estos. La proporción entre la energía que proyecta en el suelo y sobre la fachada dependerá de la profundidad de la galería. A mayor profundidad, más sol incidirá en el suelo del

Habitación tipo:

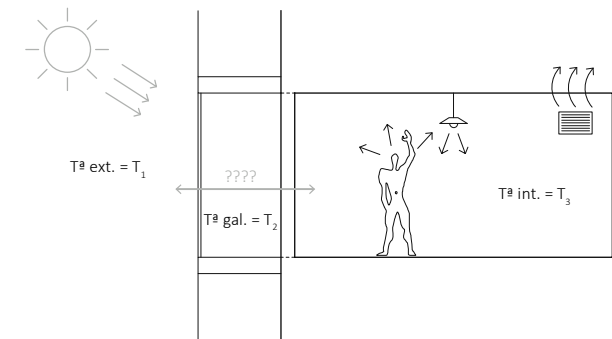
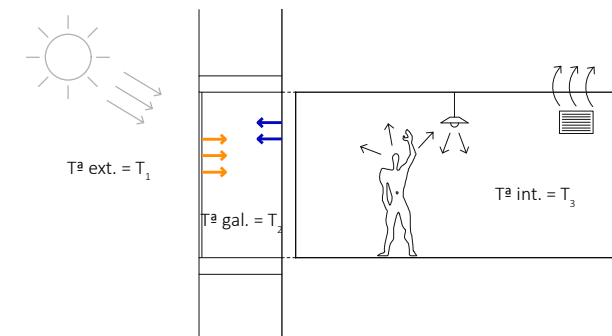


Fig. 8.1. Galería tipo. Descripción de los factores que intervienen en el balance. Elaboración Propia

Fig. 8.2. - 8.8. (Pag. 33 - 35): El ciclo de la Galería, de  $h = 0$  a  $h = 6$ . Elaboración propia

$$h = 0: T_2 = T_1; T_3 > T_1$$



que lo hará en la fachada

Como en el caso de estudio consideramos que la galería tendrá otra galería idéntica tanto arriba como abajo, respecto a las que se considera adiabática, toda la energía captada por el suelo volverá a liberarse hacia la galería, mientras que la que libere el muro se repartirá entre la galería y el interior. En principio, nos interesará que sea el muro el que más energía gane, pues facilitará una ganancia de energía directa al interior. Sin embargo, como en  $h=0$ ,  $T_2$  será menor que  $T_3$ , la mayoría de la energía del muro irá irradiada hacia la galería, calentando el aire y elevando la temperatura.

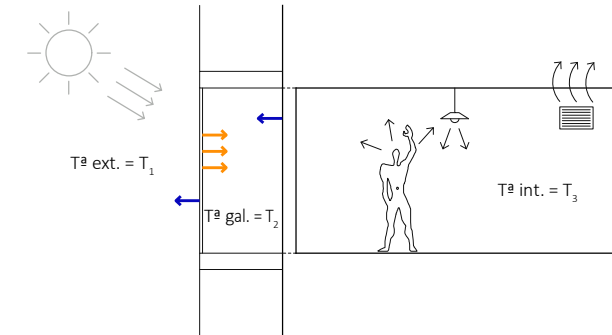
- Así llegamos a  $h=1$ , instante de un período en el cuál  $T_1 < T_2 < T_3$ . Durante este período, al aumentar la temperatura  $T_2$ , se empezará a irradiar energía hacia el exterior, en función de la transmitancia de la piel externa de la galería. Por el otro lado, al reducir el diferencial de temperatura con el interior, las pérdidas de la habitación comienzan a reducirse.

- De este modo, en  $h=2$ , la temperatura  $T_2$  será igual a  $T_3$ . En este momento, se han conseguido eliminar las pérdidas del muro desde el interior. No obstante, como la temperatura de la galería  $T_2$  habrá aumentado su diferencial respecto a  $T_1$ , las pérdidas de la galería hacia el exterior habrán seguido aumentando.

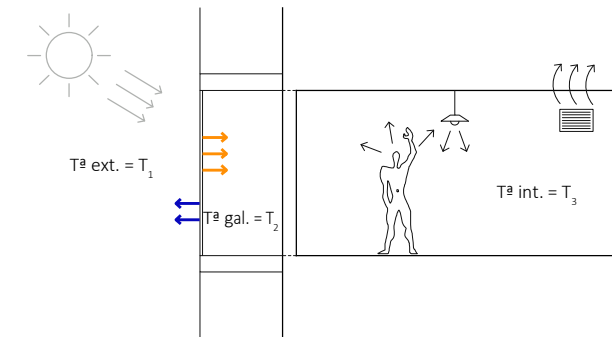
- Finalmente, en  $h=3$ , la temperatura en  $T_2$  será mayor que la de  $T_1$  y que la de  $T_3$ . A partir de este momento, la galería empieza a irradiar energía tanto hacia el interior, como hacia el exterior. En la cantidad de energía que emite, por tanto, la galería hacia el interior será determinante no sólo el diferencial de temperatura entre la galería y el interior, sino también la diferencia con el exterior y, un aspecto que es un factor a tener en cuenta en el diseño de una galería, la proporción entre piel de la galería en contacto con el exterior, y con el interior.

Si tenemos como referencia los cálculos mostrados en las tablas 1.2.1 a 1.2.5., éstas nos muestran que las ganancias de una galería son aproximadamente proporcionales a su superficie de captación, por lo que se podrían expresar en función de  $m^2/fachada$ , para unas mismas circunstancias interiores. Vemos como se produce un leve incremento en el rendimiento de la galería, manteniendo una igualdad de condiciones (se duplica el volumen de edificio, sus cargas internas y las pérdidas, se duplica también el volumen de galería).

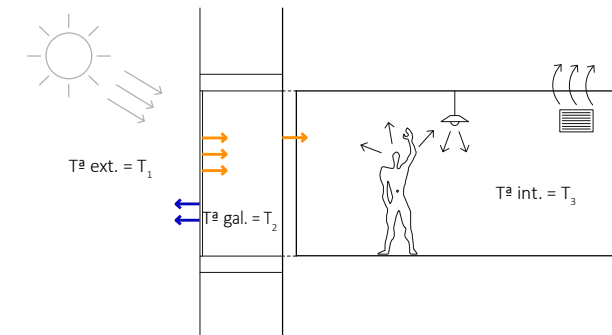
**$h = 1$  :  $T_1 < T_2 < T_3$**



**$h = 2$  :  $T_2 = T_3$  ;  $T_3 > T_1$**



**$h = 3$  :  $T_2 > T_3 > T_1$**



Sin embargo, si miramos la relación entre el paramento hacia el interior y hacia el exterior de la galería, vemos que proporcionalmente, el primero aumenta.

Esto es consecuencia de los paramentos laterales de la galería, cuyo impacto se reduce según crece la anchura de la galería. Esto explica la diferencia de rendimiento entre una galería de 1 metro de ancho, y una de 3, mientras apenas las hay entre las de 9 y 12m.

- El instante  $h=4$  se alcanzará después de que la galería haya alcanzado el pico de temperatura, ligado a la incidencia de radiación solar, que comenzará a reducirse según se acerque la noche. Así, podemos considerar  $t=4$  un instante donde no existe ganancia solar en la galería, pero donde la temperatura  $T_2$  seguirá siendo mayor que la interior,  $T_3$ , y la exterior,  $T_1$ , por lo que seguirá transmitiendo energía a ambas mientras decrece su temperatura, de acuerdo a los principios de la termodinámica.

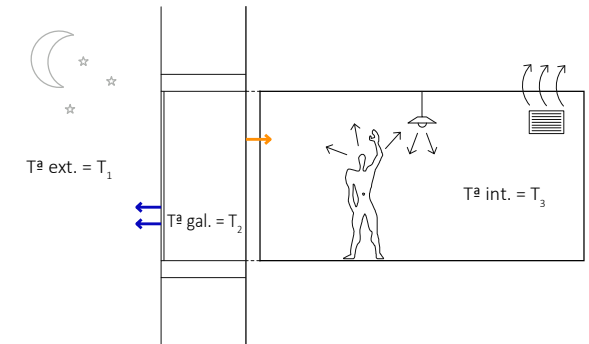
- En el instante  $h=5$ , la temperatura en la galería  $T_2$  se habrá vuelto a igualar a la interior,  $T_3$ , por lo que igual que pasaba en el instante  $h=2$ , el intercambio con el interior será nulo.

- Al final, se entra en el período donde podemos situar el instante  $h=6$ , donde la temperatura en  $T_2$  será intermedia a la temperatura  $T_3$  y  $T_1$ . Las pérdidas entre el interior y la galería irán aumentando, mientras que las que se producen entre la galería y el exterior se irán reduciendo, según decrezca la temperatura en  $T_2$  hasta volver a igualar la temperatura exterior, y volviendo al instante  $h=0$ , cerrando el ciclo de funcionamiento de la galería solar.

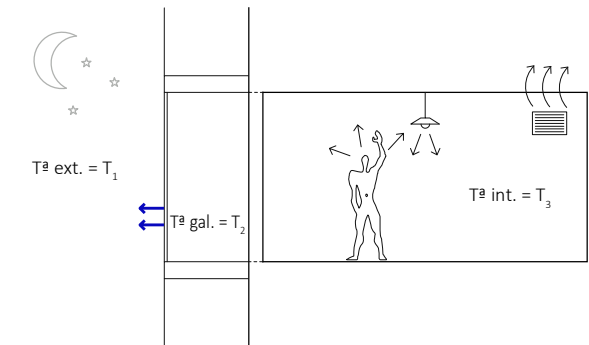
Si repetimos el mismo ejercicio, como se ha hecho en el modelo informático, considerando en lugar de una habitación, una vivienda con un muro al exterior en el flanco opuesto, vemos como el ciclo y funcionamiento de la galería es similar. Sin embargo, en este caso, se producirán pérdidas en el muro anverso, al ser la temperatura en el interior mayor que en el exterior.

Esto provoca que, respecto al caso de la habitación, la temperatura en el interior de la vivienda tienda a reducirse y ser menor que aquella. Al ser menor la temperatura en el interior, por una parte, el instante  $h=2$  se alcanzará antes, y durante  $h=3$ , el flujo de energía hacia el interior será mayor, pues la diferencia en este caso entre  $T_1$  y  $T_3$  es menor.

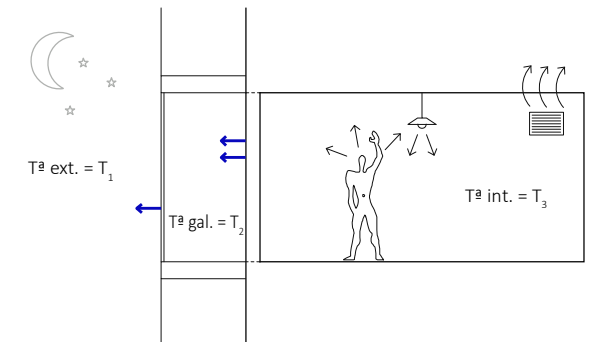
$$h = 4 : T_2 > T_3 > T_1$$



$$h = 5 : T_2 = T_3 ; T_3 > T_1$$



$$h = 6 : T_1 < T_2 < T_3$$



Esto provoca, por tanto, un flujo mayor de energía en el interior de la vivienda, de la galería a la fachada opuesta, aunque no se logre alcanzar la misma temperatura interior que en el supuesto de la habitación.

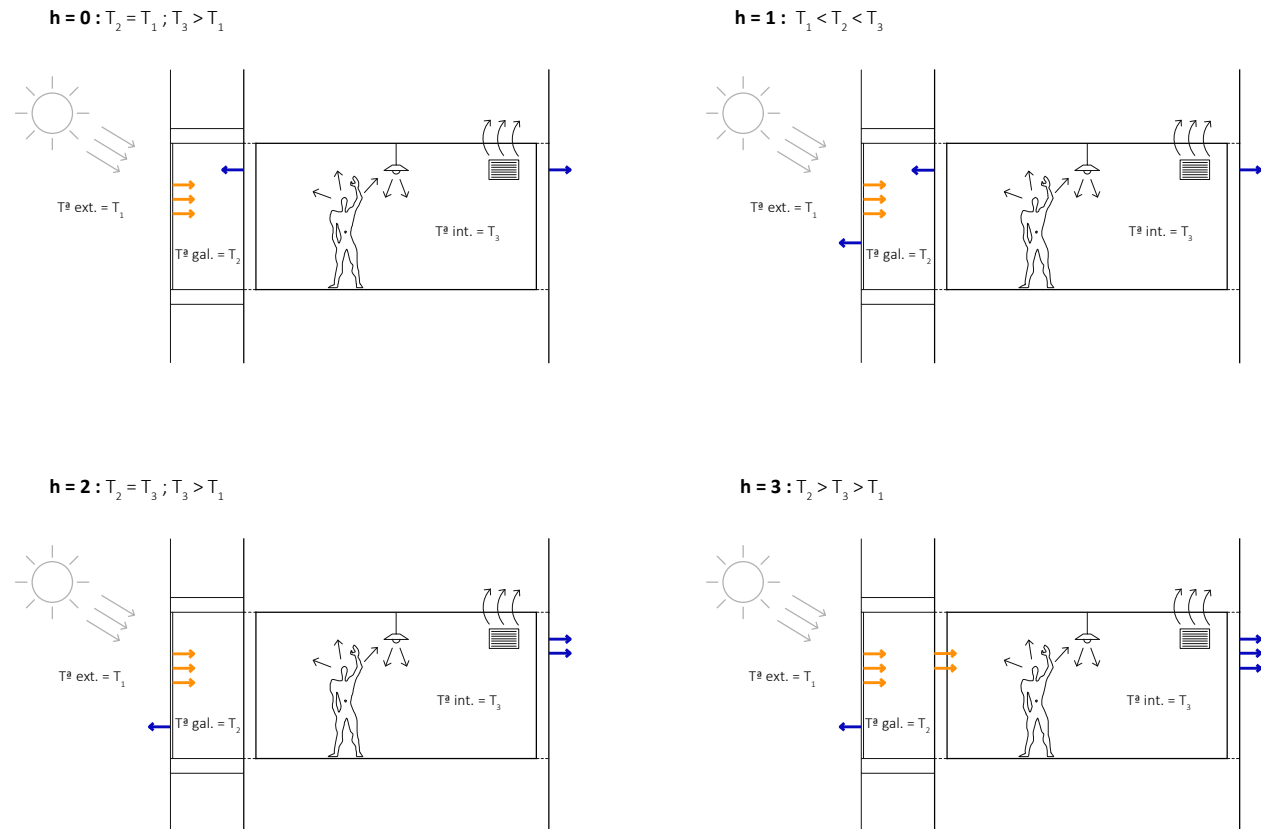


Fig. 8.9. Ciclo de la galería. Vivienda con fachada anversa. Elaboración propia

## 9. Conclusiones sobre el análisis de la galería tipo. Definición de su comportamiento:

Una vez estudiado, analizado y comprendido el comportamiento de la galería tipo, sobre la que se ha trabajado, se extraen una serie de conclusiones que permiten formular una hipótesis capaz de describir el funcionamiento de cualquier galería, relacionando los diversos parámetros que intervienen, desde las leyes de la física clásica y la termodinámica.

Cualquier cambio en el comportamiento de una galería respecto a otra, podría así ser explicada desde la alteración de algunos o varios de estos parámetros, que son los que las hacen diferentes. En posteriores puntos del presente documento, se profundizará en estos factores y en cómo influye cada uno en el funcionamiento de la galería.

### *Factores que determinan el comportamiento de una galería*

- En el balance de una galería, intervienen las ganancias por radiación solar, y el intercambio de energía entre la galería, el interior y el exterior.
- De este modo, las ganancias por radiación de una galería se pueden expresar de forma proporcional a la radiación incidente, en función de la transparencia del vidrio, el factor de sombra arrojada, la absorptividad de los paramentos de suelo y fachada y la relación entre estos dos, dada por la profundidad de la galería.

Por tanto, una galería con unas mismas condiciones de diseño tendrá siempre las mismas ganancias, en proporción a la radiación incidente, medible en  $W/m^2$  de superficie de captación.

- De estas ganancias, una parte escapará y otra pasará hacia el interior, en función del calor específico y la inercia térmica del muro y suelo de la galería, la relación entre la envolvente exterior y la interior de la galería (en superficie y transmitancia), y las temperaturas interior y exterior ( $T_1$  y  $T_3$ )
- De este modo, para una misma radiación solar y unas mismas condiciones de diseño, el balance en una galería vendrá determinada por las condiciones de temperatura en el exterior, y las condiciones en el interior, que determinan su temperatura inicial. La temperatura de la galería se puede considerar, por tanto, una variable en función de estas dos.

- Por tanto, si asociamos una temperatura exterior promedio y una radiación solar a cada localización (con datos que están registrados, y que hace el CTE al establecer zonas climáticas) y orientación (N,S,O,E,SO,SE), el comportamiento de una galería se dará en función de sus condiciones de diseño y la temperatura promedio interior, resultado a su vez de diversos parámetros.

- Entonces, suponiendo una temperatura interior promedio “fija” o unas condiciones internas constantes, que estuviesen ligadas a una serie de factores (uso, tipología, año de construcción...) del mismo modo que se asocia un perfil de temperatura a una determinada localización, se podría despejar la incógnita de la temperatura de la galería, pudiendo así determinar un balance y el aporte de la galería hacia el interior.

- Este aporte hacia el interior se podría expresar en  $W/m^2$  de fachada, en función de la radiación solar incidente, sobre la que se aplicaría un factor de diseño propio de cada “solución” de galería (como ocurre en el catálogo de elementos constructivos del CTE, donde cada solución de fachada tiene unos valores asociados), un factor de sombra arrojada sobre el edificio (un factor que depende de cada caso, pero medible) y un coeficiente que se podría estimar para la relación envolvente interior/exterior de la galería, entendiendo que el ancho de la galería es variable en función de las características del edificio, o que bien podría encontrarse en la última planta y tener pérdidas por cubierta...)

#### *Estrategias para la cuantificación y la normalización:*

A partir de los resultados obtenidos y las hipótesis desarrolladas, se plantean tres posibles caminos de cara a definir, cuantificar y normalizar el comportamiento de las galerías. Podrían existir más alternativas incluso, basadas en los mismos principios que determinan éstas: La existencia de una radiación solar incidente y un clima, de los que existen (o pueden existir) registros que lo cuantifiquen, asociados a cada lugar y orientación, unos parámetros de diseño medibles y unas propiedades físicas asociadas a los materiales y elementos, que dejan como incógnitas la temperatura de la galería y la temperatura interior. Estas tres vías serían, por tanto, las siguientes:

- La creación de una ecuación general: Esta sería la opción más difícil, pero también la más exacta. El ciclo de la galería que se ha mostrado antes tiene un funcionamiento lógico, fundamentado en las leyes de la termodinámica y que podría ser descrito.

Sin embargo, y pese a ser ya un modelo simplificado, la ecuación se antoja compleja y parece que dependería de numerosas variables.

- Determinar una temperatura inicial promedio interior: Éste sería el camino más sencillo. Asociar a cada tipo de edificio, en función por ejemplo de su uso y año de construcción, un valor de temperatura interno promedio de invierno, sin calefacción activada o considerando, en todo caso, una consigna secundaria. Un valor en torno a 17-19°C podría ser lógico.

Con ese dato, se podría calcular, como se explicaba en las conclusiones, el aporte de una galería en W/m<sup>2</sup> de fachada. Se podría así crear una especie de “catálogo constructivo” de galerías, donde para cada tipo estuviese registrado dicho aporte, en función de unos parámetros básicos (localización, orientación, % sombra arrojada sobre la galería y factor de fachada interior/exterior)

- Determinar la temperatura de la galería: En primera instancia, sería hacer lo mismo que en el caso anterior, asociar una temperatura promedio al espacio interior, con el fin de catalogar cada tipo de galería. Pero en este caso, ésta sería una temperatura “de cálculo” para asociar a cada galería una temperatura, en función de los mismos parámetros que en el caso anterior (localización, orientación, % sombra arrojada y factor de fachada).

Con esta temperatura, se podría calcular el espacio interior como si estuviese enfrentándose a un clima diferente, a través del muro que le separa de la galería, o bien asociándole al mismo su propia transmitancia en negativo, para así calcular el aporte al interior a partir del diferencial de temperatura.

De acuerdo a los objetivos marcados en el presente documento y a la factibilidad de profundizar en ella, se opta por desarrollar el segundo planteamiento. Pero antes, conviene profundizar en los diferentes parámetros propios de la galería, que condicionan su funcionamiento, para poder desarrollarlo de forma conveniente.

## ANEXO A: Tablas de resultados del análisis de los parámetros de contorno.

### *1.1. Demanda anual de calefacción en los casos de estudio (CS)*

- Tabla 1.1.1. Según Orientación y lugar
- Tabla 1.1.2. Dif. relativo y absoluto de ahorro en la demanda

### *1.2. Balance energético de invierno, sobre CS, S/Orientación y lugar:*

- Tabla 1.2.1. Barcelona (BCN) SUR
- Tabla 1.2.2. Barcelona (BCN) Norte
- Tabla 1.2.3. Burgos Sur
- Tabla 1.2.4. Burgos Norte
- Tabla 1.2.5. Sevilla (SVQ) Sur
- Tabla 1.2.6. Sevilla (SVQ) Norte
- Tabla 1.2.7. Barcelona (BCN) SUR. *SIN CALEFACCIÓN*
- Tabla 1.2.8. Barcelona (BCN) Norte. *SIN CALEFACCIÓN*
- Tabla 1.2.9. Burgos Sur. *SIN CALEFACCIÓN*
- Tabla 1.2.10. Burgos Norte. *SIN CALEFACCIÓN*
- Tabla 1.2.11. Sevilla (SVQ) Sur. *SIN CALEFACCIÓN*
- Tabla 1.2.12. Sevilla (SVQ) Norte. *SIN CALEFACCIÓN*

### *1.3. Confort y temperatura*

- Tabla 1.3. Distribución Anual Temperaturas. Sin calefacción. CS S/Orientación y lugar.

### *1.4. Variación demanda según dimensión CS*

- Tabla 1.4.1. Habitación en BCN a Sur
- Tabla 1.4.2. Habitación en Burgos a Sur
- Tabla 1.4.3. BCN a Sur. Doble Crujía, 6m de fondo
- Tabla 1.4.4. BCN a Sur. Doble Crujía, 9m de fondo
- Tabla 1.4.5. BCN a Sur. Doble Crujía, 12m de fondo

### *1.5. Demanda y balance sobre variaciones de los casos de estudio (CS\_ALT)*

- Tabla 1.5.1. Demanda anual según Orientación y lugar
- Tabla 1.5.2. Balance energético de invierno en BCN a Sur



Tabla 1.1.1. Demanda anual de calefacción en los casos de estudio (CS). Según Orientación y lugar.

Demanda Anual Calef. (365d). Muro 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas. Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q iluminación																
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso A (Hab. 3x6. 1 fach.)		Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso C (Hab. 3x3 1 fach.)		Caso D (Hab. 6x6 1 fach.)		Caso E (Viv. 12x6 2 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso G (Viv. 9x9 2 fach.)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Barcelona (C2)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	760,35	124,59	1053,57	18,42	538,2	33,27	1494,83	137,67	5362,78	1900,75	3721,21	1859,66	4823,34	2036,95
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1181,73	564,07	1845,11	624,27	940,6	362,71	2327,4	1026,68	5362,78	3037,72	3721,21	2462,97	4823,34	2968,14
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1014,97	325,4	1528,83	286,49	779,26	166,86	1999,57	598,88	5795,51	3081,44	3947,73	2444,73	5158,1	2966,86
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1020,51	322,12	1538,61	285,25	784,34	166,73	2009,61	594,43	5795,51	3037,91	3947,73	2421,64	5158,1	2932,66
Burgos (E1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	2085,46	663,88	3175,44	498,67	1608,51	356,7	4147,27	1085,93	13990,37	7303,93	9227,13	5676,37	12221,75	6931,14
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	2628,12	1272,24	4198	1563,85	2130,73	861,01	5214,19	2406,31	13390,37	8892,75	9227,13	6460,92	12221,75	8178,17
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	2398,92	953,09	3767,06	1025,42	1909	586,05	4769,2	1758,82	14338,92	8507,76	9409,01	6236,92	12491,27	7837,02
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	2387,88	941,3	3751,25	1001,53	1900,9	576,46	4746,7	1734,02	14338,92	8420,57	9409,01	6193,29	12491,27	7773,61
Coruña(C1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	935,59	154,58	1363,46	60,91	698,21	59,78	1828,96	197,56	6313,21	2338,18	4266,14	2101,28	5587,12	2389,12
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1311,66	522,37	2063,11	569,27	1058,23	333,68	2564,03	942,31	6313,21	3386,69	4266,14	2658,72	5587,12	3239,93
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1160,03	331,29	1782,13	288,26	912,78	176,37	2271,13	589,59	6654,12	3231,65	4446,07	2540,99	5855,05	3080,5
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1157,85	314,62	1779,28	266,54	911,61	163,49	2265,5	557,16	6654,12	3168,06	4446,07	2508,77	5855,05	3030,63
Sevilla (B4)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	329,35	6,75	411,09	0,13	209,74	0,81	647,07	3,51	2699,1	499,89	1976,21	699,5	2502,11	653,55
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	750,37	330,4	1161,72	351,6	595,07	209,46	1471,45	591,44	2699,1	1296,08	1976,21	1188,89	2502,11	1359,01
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	575,33	118	833,62	68,99	426,77	41,85	1129,11	220,76	3122,79	1336,06	2212,58	1188,32	2842,05	1374,21
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	572,6	109,24	831,6	53,32	425,91	34,91	1123,84	201,77	3122,79	1308,55	2212,58	1174,96	2842,05	1353,15
Madrid (D3)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1000,91	249,07	1403,17	133,1	711,04	107,79	1987,57	360,27	7130,57	3031,39	4956,89	2766,61	6410,59	3133,24
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1567,29	811,96	2447,9	940,18	1241,98	532,45	3107,87	1505,7	7130,57	4283,78	4956,89	3419,41	6410,59	4158,51
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1315,71	490,24	1972,81	469,9	1000,24	265,26	2611,13	909,55	7585,31	4306,91	5191	3400,68	6762,3	4145,1
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1330,29	491,03	1999,67	459,2	1014,41	264,29	2638,8	909,83	7585,31	4265,39	5191	3375,96	6762,3	4111,01
Málaga (A3)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	359,53	1,47	481,16	0	247,37	0,02	700,5	0,7	2829,5	439,99	1991,52	580,12	2559,66	553,93
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	729,14	257,69	1140,85	259,36	589,35	159,95	1411,81	451,2	2829,5	1259,92	1991,52	1105,75	2559,66	1284,04
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	591,43	76,34	884,1	25,94	456,87	21,34	1145,08	135,35	3260,98	1162,97	2228,82	1011,06	2900,69	1169,54
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	590,16	68,54	886,44	21,39	458	17,55	1142,81	120,69	3260,98	1114,72	2228,82	982,9	2900,69	1130,78

Tabla 1.1.2. Diferencial relativo y absoluto de ahorro anual en la demanda, según resultados tabla 1.1.1

Demanda Anual Calef. (365d). Muro 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas. Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q iluminación																
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso A (Hab. 3x6. 1 fach.)		Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso C (Hab. 3x3 1 fach.)		Caso D (Hab. 6x6 1 fach.)		Caso E (Viv. 12x6 2 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso G (Viv. 9x9 2 fach.)	
			Abs. (kWh)	Dif. (%)	Abs. (kWh)	Dif. (%)	Abs. (kWh)	Dif. (%)	Abs. (kWh)	Dif. (%)	Abs. (kWh)	Dif. (%)	Abs. (kWh)	Dif. (%)	Abs. (kWh)	Dif. (%)
Barcelona (C2)	Sur	Reducción Demanda	635,76	-83,61	1035,15	-98,25	504,93	-93,82	1357,16	-90,79	3462,03	-64,56	1861,55	-50,03	2786,39	-57,77
	Norte	Reducción Demanda	617,66	-52,27	1220,84	-66,17	577,89	-61,44	1300,72	-55,89	2325,06	-43,36	1258,24	-33,81	1855,2	-38,46
	Este	Reducción Demanda	689,57	-67,94	1242,34	-81,26	612,4	-78,59	1400,69	-70,05	2714,07	-46,83	1503	-38,07	2191,24	-42,48
	Oeste	Reducción Demanda	698,39	-68,44	1253,36	-81,46	617,61	-78,74	1415,18	-70,42	2757,6	-47,58	1526,09	-38,66	2225,44	-43,14
Burgos (E1)	Sur	Reducción Demanda	1421,58	-68,17	2676,77	-84,30	1251,81	-77,82	3061,34	-73,82	6686,44	-47,79	3550,76	-38,48	5290,61	-43,29
	Norte	Reducción Demanda	1355,88	-51,59	2634,15	-62,75	1269,72	-59,59	2807,88	-53,85	4497,62	-33,59	2766,21	-29,98	4043,58	-33,09
	Este	Reducción Demanda	1445,83	-60,27	2741,64	-72,78	1322,95	-69,30	3010,38	-63,12	5831,16	-40,67	3172,09	-33,71	4654,25	-37,26
	Oeste	Reducción Demanda	1446,58	-60,58	2749,72	-73,30	1324,44	-69,67	3012,68	-63,47	5918,35	-41,27	3215,72	-34,18	4717,66	-37,77
Coruña(C1)	Sur	Reducción Demanda	781,01	-83,48	1302,55	-95,53	638,43	-91,44	1631,4	-89,20	3975,03	-62,96	2164,86	-50,75	3198	-57,24
	Norte	Reducción Demanda	789,29	-60,17	1493,84	-72,41	724,55	-68,47	1621,72	-63,25	2926,52	-46,36	1607,42	-37,68	2347,19	-42,01
	Este	Reducción Demanda	828,74	-71,44	1493,87	-83,82	736,41	-80,68	1681,54	-74,04	3422,47	-51,43	1905,08	-42,85	2774,55	-47,39
	Oeste	Reducción Demanda	843,23	-72,83	1512,74	-85,02	748,12	-82,07	1708,34	-75,41	3486,06	-52,39	1937,3	-43,57	2824,42	-48,24
Sevilla (B4)	Sur	Reducción Demanda	322,6	-97,95	410,96	-99,97	208,93	-99,61	643,56	-99,46	2199,21	-81,48	1276,71	-64,60	1848,56	-73,88
	Norte	Reducción Demanda	419,97	-55,97	810,12	-69,73	385,61	-64,80	880,01	-59,81	1403,02	-51,98	787,32	-39,84	1143,1	-45,69
	Este	Reducción Demanda	457,33	-79,49	764,63	-91,72	384,92	-90,19	908,35	-80,45	1786,73	-57,22	1024,26	-46,29	1467,84	-51,65
	Oeste	Reducción Demanda	463,36	-80,92	778,28	-93,59	391	-91,80	922,07	-82,05	1814,24	-58,10	1037,62	-46,90	1488,9	-52,39
Madrid (D3)	Sur	Reducción Demanda	751,84	-75,12	1270,07	-90,51	603,25	-84,84	1627,3	-81,87	4099,18	-57,49	2190,28	-44,19	3277,35	-51,12
	Norte	Reducción Demanda	755,33	-48,19	1507,72	-61,59	709,53	-57,13	1602,17	-51,55	2846,79	-39,92	1537,48	-31,02	2252,08	-35,13
	Este	Reducción Demanda	825,47	-62,74	1502,91	-76,18	734,98	-73,48	1701,58	-65,17	3278,4	-43,22	1790,32	-34,49	2617,2	-38,70
	Oeste	Reducción Demanda	839,26	-63,09	1540,47	-77,04	750,12	-73,95	1728,97	-65,52	3319,92	-43,77	1815,04	-34,97	2651,29	-39,21
Málaga (A3)	Sur	Reducción Demanda	358,06	-99,59	481,16	-100,00	247,35	-99,99	699,8	-99,90	2389,51	-84,45	1411,4	-70,87	2005,73	-78,36
	Norte	Reducción Demanda	471,45	-64,66	881,49	-77,27	429,4	-72,86	960,61	-68,04	1569,58	-55,47	885,77	-44,48	1275,62	-49,84
	Este	Reducción Demanda	515,09	-87,09	858,16	-97,07	435,53	-95,33	1009,73	-88,18	2098,01	-64,34	1217,76	-54,64	1731,15	-59,68
	Oeste	Reducción Demanda	521,62	-88,39	865,05	-97,59	440,45	-96,17	1022,12	-89,44	2146,26	-65,82	1245,92	-55,90	1769,91	-61,02

Tabla 1.2.1. Balance energético de invierno. Barcelona (BCN) SUR

BCN_SUR_Balance Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas															
		Caso A (Hab. 3x6. 1 fach.)		Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso C (Hab. 3x3 1 fach.)		Caso D (Hab. 6x6 1 fach.)		Caso E (Viv. 12x6 2 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso G (Viv. 9x9 2 fach.)	
Espacio	Balance (Kwh)	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura del Aire	19,49°C	22,02°C	19,49°C	24,65°C	19,56°C	23,32°C	19,40°C	22,73°C	18,97°C	20,20°C	19,03°C	19,83°C	18,99°C	19,99°C
	Temperatura media int.	19,35°C	22,52°C	19,16°C	25,52°C	19,26°C	23,90°C	19,23°C	23,47°C	18,20°C	20,29°C	18,63°C	19,91°C	18,43°C	20,10°C
	Temperatura Radiante	19,20°C	23,02°C	18,82°C	26,38°C	18,97°C	24,48°C	19,06°C	24,20°C	17,43°C	20,38°C	18,23°C	20,00°C	17,87°C	20,21°C
	Demanda Calef.	663,19	115,76	922,13	12,58	470,1	27,84	1307,82	121,06	4731,45	1756,35	3268,12	1707,56	4247,57	1875,26
	Pérdidas infiltraciones	-586,95	-783,72	-568,98	-967,65	-279,36	-424,41	-1191,18	-1714,93	-2218,7	-2629,07	-2305,41	-2566,09	-2565,33	-2935,54
	Qint Ocupación	240,13	215,02	232,57	179,57	112,96	95,91	495,02	423,33	993,18	955,92	1020,64	993,46	1143,96	1106,29
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	78,24	110,07	76,07	142,65	37,41	61,18	158,48	243,96	292,13	357,34	303,59	344,57	337,67	396,2
	Demanda Refr.**	0	44,84	-0,83	-291,03	-0,48	81,9	-0,02	-138,72	0	56,91	0	-6,71	0	28,78
Cerramiento	Muro Galería	-320,35	486,52	-592,81	1034,93	-307,4	370,87	-617,51	1278,27	-3540,88	3893,05	-1999,31	1719,85	-2846,85	2831,3
	Muro Sin Galería	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		-3937,42		-1850,09		-2857,72
Galería	Temp. media Ext./Gal.	11,36°C	24,65°C	11,36°C	27,68°C	11,36°C	25,06°C	11,36°C	26,86°C	11,36°C	26,49°C	11,36°C	25,38°C	11,36°C	26,16°C
	Temperatura del Aire	ND	23,17°C	ND	25,95°C	ND	23,62°C	ND	25,22°C	ND	24,91°C	ND	23,92°C	ND	24,61°C
	Temperatura Radiante	ND	26,14°C	ND	29,40°C	ND	24,48°C	ND	28,49°C	ND	28,07°C	ND	26,85°C	ND	27,71°C
	Ganancias Solares*	ND	3500,01	ND	6601,59	ND	3275,9	ND	6601,62	ND	13049,24	ND	6623,94	ND	9949,67
	Balance muros ext.	ND	-325,26	ND	-547,15	ND	-423,79	ND	-515,76	ND	-558,08	ND	-446,35	ND	-499,32
	Balance vidrio galería*	ND	ND	ND	-7973	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas Infiltracion	ND	-145,09	ND	-386,84	ND	-150,7	ND	-376,26	ND	-770,28	ND	-340,87	ND	-556,47
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	10231,48	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.2. Balance energético de invierno. Barcelona (BCN) NORTE

BCN_NORTE_Balance Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas															
		Caso A (Hab. 3x6. 1 fach.)		Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso C (Hab. 3x3 1 fach.)		Caso D (Hab. 6x6 1 fach.)		Caso E (Viv. 12x6 2 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso G (Viv. 9x9 2 fach.)	
Espacio	Balance (Kwh)	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura Aire	18,88°C	19,58°C	18,74°C	19,72°C	18,77°C	19,61°C	18,83°C	19,59°C	18,97°C	19,44°C	19,03°C	19,40°C	18,99°C	19,40°C
	Temperatura media int.	18,42°C	19,55°C	17,87°C	19,64°C	18,01°C	19,46°C	18,27°C	19,60°C	18,20°C	19,20°C	18,63°C	19,30°C	18,43°C	19,26°C
	Temperatura Radiante	17,96°C	19,51°C	17,00°C	19,56°C	17,26°C	19,32°C	17,71°C	19,61°C	17,43°C	18,96°C	18,23°C	19,21°C	17,87°C	19,11°C
	Demanda Calef.	1033,98	537,31	1623,79	609,95	825,6	352,65	2042,72	979,8	4731,45	2829,58	3268,12	2256,19	4247,57	2740,55
	Pérdidas infiltraciones	-543,48	-605,85	-516,99	-610,3	-252,86	-293,44	-1107,53	-1244,09	-2218,7	-2406,22	-2305,41	-2437,48	-2565,33	-2739,57
	Qint Ocupación	247,06	244,36	240,98	240,69	117,25	117,91	508,38	501,47	993,18	992,59	1020,64	1014,28	1143,96	1138,25
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	71,31	80,73	67,66	81,74	33,11	39,18	145,11	165,82	292,13	320,67	303,59	323,74	337,67	364,24
	Demanda Refr.**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,87	0	0	0	0
Cerramiento	Muro Galería	-744,6	-180,3	-1359,5	-246,59	-696,62	-180,78	-1456,17	-244,89	-3540,88	-215,65	-1999,31	-209,18	-2846,85	-216,71
	Muro Sin Galería	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		-1218,17		-635,55		-937,5
Galería	Temp. media Ext./Gal.	11,36°C	16,13°C	11,36°C	16,76°C	11,36°C	16,08°C	11,36°C	16,76°C	11,36°C	16,91°C	11,36°C	16,61°C	11,36°C	16,83°C
	Temperatura Aire	ND	15,32°C	ND	15,88°C	ND	15,31°C	ND	15,87°C	ND	16,00°C	ND	15,75°C	ND	15,93°C
	Temperatura Radiante	ND	16,94°C	ND	17,64°C	ND	16,85°C	ND	17,64°C	ND	17,83°C	ND	17,48°C	ND	17,74°C
	Ganancias Solares*	ND	995,35	ND	1706,85	ND	941,06	ND	1716,47	ND	3214,57	ND	1716,47	ND	2491,89
	Balance muros ext.	ND	-155,42	ND	-217,53	ND	-176,1	ND	-211,79	ND	-253,6	ND	-206,62	ND	-227,03
	Balance vidrio galería*	ND	ND	ND	-1396,71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas Infiltracion	ND	-49	ND	-123,5	ND	-48,89	ND	-123,26	ND	-265,26	ND	-119,87	ND	-193,06
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND



Tabla 1.2.3. Balance energético de invierno. Burgos SUR

Burgos_SUR_Balance Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas					
Espacio	Balance (Kwh)	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura del Aire	18,56°C	22,09°C	18,48°C	18,70°C
	Temperatura media int.	17,38°C	21,65°C	17,46°C	18,29°C
	Temperatura Radiante	16,20°C	21,20°C	16,43°C	17,88°C
	Demanda Calef.	2536,17	459,52	7259,55	4796,63
	Pérdidas infiltraciones	-838,15	-1048,58	-3575,34	-3671,48
	Qint Ocupación	242,78	221,83	1045,47	1046,48
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	65,87	100,4	278,76	291,55
	Demanda Refr.**	0	-81,61	0	0
Cerramiento	Muro Galería	-1950,99	439,94	-4756,06	864,09
	Muro Sin Galería	ND	ND		-3047,97
Galería	Temp. media Ext./Gal.	5,42°C	20,96°C	5,42°C	19,51°C
	Temperatura del Aire	ND	19,27°C	ND	17,97°C
	Temperatura Radiante	ND	22,65°C	ND	21,05°C
	Ganancias Solares*	ND	5746,36	ND	5767,75
	Balance muros ext.	ND	-572,06	ND	-501,27
	Balance vidrio galería*	ND	-7374,44	ND	ND
	Pérdidas Infiltracion	ND	-334,37	ND	-310,75
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.4. Balance energético de invierno. Burgos NORTE

Burgos_NORTE_Balance Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas					
Espacio	Balance (Kwh)	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura del Aire	18,42°C	18,63°C	18,48°C	18,57°C
	Temperatura media int.	16,82°C	18,13°C	17,46°C	17,96°C
	Temperatura Radiante	15,21°C	17,62°C	16,43°C	17,36°C
	Demanda Calef.	3251,77	1428,82	7259,55	5431,03
	Pérdidas infiltraciones	-829,66	-880	-3575,34	-3634,74
	Qint Ocupación	244,25	253	1045,47	1052,79
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	64,4	69,43	278,76	285,23
	Demanda Refr.**	0	0	0	0
Cerramiento	Muro Galería	-2674,69	-810,97	-4756,06	-781,05
	Muro Sin Galería	ND	ND		-2086,55
Galería	Temp. media Ext./Gal.	5,42°C	12,24°C	5,42°C	12,13°C
	Temperatura del Aire	ND	11,21°C	ND	11,11°C
	Temperatura Radiante	ND	13,27°C	ND	13,15°C
	Ganancias Solares*	ND	1492,74	ND	1501,17
	Balance muros ext.	ND	-284,62	ND	-273,35
	Balance vidrio galería*	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas Infiltracion	ND	-144,49	ND	-142
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.5. Balance energético de invierno. Sevilla SUR

SVQ_SUR_Balance Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas					
Espacio	Balance (Kwh)	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura del Aire	21,19°C	26,71°C	19,98°C	21,55°C
	Temperatura media int.	21,25°C	27,98°C	19,85°C	21,87°C
	Temperatura Radiante	21,30°C	29,26°C	19,72°C	22,19°C
	Demanda Calef.	364,26	0,11	1817,17	679,82
	Pérdidas infiltraciones	-522,02	-943,16	-1884,17	-2368,94
	Qint Ocupación	212,98	150,88	975,64	908,45
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	95,66	171,35	348,59	429,57
	Demanda Refr.**	-21,78	-1032,27	-6,7	-95,01
Cerramiento	Muro Galería	-45,08	1784,96	-929,34	2527,66
	Muro Sin Galería	ND	ND		-1672,23
Galería	Temp. media Ext./Gal.	13,70°C	33,18°C	13,70°C	30,71°C
	Temperatura del Aire	ND	31,31°C	ND	29,11°C
	Temperatura Radiante	ND	35,06°C	ND	32,31°C
	Ganancias Solares*	ND	8377,83	ND	8407,56
	Balance muros ext.	ND	-611,26	ND	-502,29
	Balance vidrio galería*	ND	-10288,69	ND	
	Pérdidas Infiltracion	ND	-462,8	ND	-414,36
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.6. Balance energético de invierno. Sevilla NORTE

SVQ_NORTE_Balance Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas					
Espacio	Balance (Kwh)	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura del Aire	19,25°C	20,86°C	19,98°C	20,65°C
	Temperatura media int.	18,66°C	20,93°C	19,85°C	20,78°C
	Temperatura Radiante	18,06°C	20,99°C	19,72°C	20,90°C
	Demanda Calef.	1071,26	360,11	1817,17	1147,42
	Pérdidas infiltraciones	-389,51	-521,35	-1884,17	-2100,86
	Qint Ocupación	235,42	227,15	975,64	953,63
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	73,23	95,29	348,59	384,39
	Demanda Refr.**	0	-16,25	-6,7	-28,78
Cerramiento	Muro Galería	-929,52	-56,41	-929,34	-39,78
	Muro Sin Galería	ND	ND		48,48
Galería	Temp. media Ext./Gal.	13,70°C	19,01°C	13,70°C	18,97°C
	Temperatura del Aire	ND	18,16°C	ND	18,11°C
	Temperatura Radiante	ND	19,87°C	ND	19,82°C
	Ganancias Solares*	ND	1904,82	ND	1915,79
	Balance muros ext.	ND	-204,7	ND	-197,72
	Balance vidrio galería*	ND	-1396,59	ND	ND
	Pérdidas Infiltracion	ND	-121,07	ND	-119,92
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.7. Balance energético de invierno. SIN CALEFACCIÓN. Barcelona (BCN) SUR

BCN_SUR_Balance SIN CALEFACCIÓN Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas															
		Caso A (Hab. 3x6. 1 fach.)		Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso C (Hab. 3x3 1 fach.)		Caso D (Hab. 6x6 1 fach.)		Caso E (Viv. 12x6 2 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso G (Viv. 9x9 2 fach.)	
Espacio	Balance (Kwh)	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura Aire	15,78ºC	21,44ºC	15,93ºC	25,87ºC	15,96ºC	23,70ºC	15,74ºC	22,67ºC	14,25ºC	22,67ºC	14,45ºC	17,18ºC	14,36ºC	17,72ºC
	Temperatura media int.	15,92ºC	21,98ºC	16,06ºC	26,66ºC	16,08ºC	24,27ºC	15,9ºC	23,42ºC	14,26ºC	18,63ºC	14,49ºC	17,50ºC	14,39ºC	18,08ºC
	Temperatura Radiante	16,05ºC	22,52ºC	16,19ºC	27,45ºC	16,19ºC	24,84ºC	16,07ºC	24,17ºC	14,27ºC	24,17ºC	14,53ºC	17,81ºC	14,41ºC	18,45ºC
	Demanda Calef.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas infiltraciones	-319,97	-739,76	-320,32	-1054,82	-157,27	-437,62	-650,6	-1704,07	-849,83	-2051,23	-935	-1765,37	-1015,39	-2163,7
	Qint Ocupación	268,14	219,23	258,07	161,03	125,61	92,21	551,01	420,49	1125,48	1017,3	1156,12	1079,57	1295,56	1189,03
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	50,23	105,86	50,58	161,2	24,75	64,87	102,48	246,79	159,74	295,96	168,11	258,45	186,07	313,46
Demanda Refr.**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Cerramiento	Muro Galería	43,42	518,1	55,74	894,55	28,03	345,03	84,6	1280,61	-301,62	4227,78	-252,89	1983,97	-312,72	3148,13
	Muro Sin Galería	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-3212,05	-3212,05	-1319,84	-1319,84	-2195,48	-2195,48
Galería	Temp. media Ext./Gal.	11,36ºC	24,48ºC	11,36ºC	28,13ºC	11,36ºC	25,2ºC	11,36ºC	26,85ºC	11,36ºC	25,85ºC	11,36ºC	24,50ºC	11,36ºC	25,40ºC
	Temperatura Aire	ND	23,02ºC	ND	26,35ºC	ND	23,74ºC	ND	25,21ºC	ND	25,21ºC	ND	23,14ºC	ND	23,94ºC
	Temperatura Radiante	ND	25,94ºC	ND	29,91ºC	ND	26,65ºC	ND	28,48ºC	ND	28,48ºC	ND	25,85ºC	ND	26,85ºC
	Ganancias Solares*	ND	3500,01	ND	6601,59	ND	3275,9	ND	6601,62	ND	13049,24	ND	6623,94	ND	9949,67
	Balance muros ext.	ND	-320,28	ND	-564,67	ND	-428,82	ND	-515,4	ND	-530,47	ND	-413,39	ND	-469,29
	Balance vidrio galería*	ND	ND	ND	-8083,71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas Infiltracion	ND	-143,19	ND	-397,3	ND	-152,15	ND	-375,93	ND	-738,46	ND	-319,65	ND	-528,23
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	10231,48	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.8. Balance energético de invierno. SIN CALEFACCIÓN. Barcelona (BCN) NORTE

BCN_NORTE_Balance SIN CALEFACCIÓN Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas															
Espacio	Balance (Kwh)	Caso A (Hab. 3x6. 1 fach.)		Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso C (Hab. 3x3 1 fach.)		Caso D (Hab. 6x6 1 fach.)		Caso E (Viv. 12x6 2 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso G (Viv. 9x9 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura Aire	13,14°C	15,67°C	12,57°C	16,28°C	12,55°C	15,78°C	13,16°C	15,95°C	14,25°C	16,11°C	14,45°C	15,80°C	14,36°C	15,94°C
	Temperatura media int.	13,06°C	15,81°C	12,45°C	16,47°C	12,44°C	15,91°C	13,07°C	16,16°C	14,26°C	16,34°C	14,49°C	16,01°C	14,39°C	16,17°C
	Temperatura Radiante	12,99°C	15,96°C	12,33°C	16,67°C	12,34°C	16,04°C	12,97°C	16,37°C	14,27°C	16,57°C	14,53°C	16,21°C	14,41°C	16,40°C
	Demanda Calef.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas infiltraciones	-130,76	-318,07	-87,34	-359,37	-41,69	-157,57	-271,26	-694,65	-849,83	-1416	-935	-1349,38	-1015,39	-1563,53
	Qint Ocupación	286,51	274,6	280,66	266,9	136,81	132,01	587,83	559,1	1125,48	1093,67	1156,12	1126,78	1295,56	1259,03
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	31,86	50,49	27,98	55,54	13,56	25,08	65,66	108,19	159,74	219,6	168,11	211,25	186,07	243,46
Demanda Refr.**	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Cerramiento	Muro Galería	-165,97	35,15	-202,17	84,74	-100,09	21,56	-334,83	119,21	-301,62	329,11	-252,89	134,46	-312,72	242,88
	Muro Sin Galería	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-34,95	-34,95	57,48	57,48	28,6	28,6
Galería	Temp. media Ext./Gal.	11,36°C	14,81°C	11,36°C	15,51°C	11,36°C	14,20°C	11,36°C	15,38°C	11,36°C	15,75°C	11,36°C	15,32°C	11,36°C	15,59°C
	Temperatura Aire	ND	14,17°C	ND	14,78°C	ND	14,82°C	ND	14,67°C	ND	14,98°C	ND	14,62°C	ND	14,84°C
	Temperatura Radiante	ND	15,46°C	ND	16,23°C	ND	15,44°C	ND	16,10°C	ND	16,53°C	ND	16,03°C	ND	16,34°C
	Ganancias Solares*	ND	995,35	ND	1706,85	ND	941,06	ND	1716,47	ND	3214,57	ND	1716,47	ND	2491,89
	Balance muros ext.	ND	-116,44	ND	-170,82	ND	-133,24	ND	-162,07	ND	-204,33	ND	-159,92	ND	-179,36
	Balance vidrio galería*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas Infiltracion	ND	-34,79	ND	-93,43	ND	-35,21	ND	-90,44	ND	-207,15	ND	-89,04	ND	-147,13
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.9. Balance de invierno. SIN CALEFACCIÓN. Burgos SUR

Burgos_SUR_Balance SIN CALEFACCIÓN Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas					
Espacio	Balance (Kwh)	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura del Aire	8,94°C	19,01°C	8,20°C	11,00°C
	Temperatura media int.	8,95°C	19,66°C	8,16°C	11,22°C
	Temperatura Radiante	8,96°C	20,30°C	8,11°C	11,44°C
	Demanda Calef.	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas infiltraciones	-225,67	-901,81	-769,56	-1546,37
	Qint Ocupación	295,5	235,21	1283,75	1247,46
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	13,14	87,02	40,48	90,56
Demanda Refr.**		ND	ND	ND	ND
Cerramiento	Muro Galería	-76,95	654,24	-538,45	1631,84
	Muro Sin Galería	ND	ND		-1363,64
Galería	Temp. media Ext./Gal.	5,42°C	20,23°C	5,42°C	16,91°C
	Temperatura del Aire	ND	18,62°C	ND	15,69°C
	Temperatura Radiante	ND	21,83°C	ND	18,14°C
	Ganancias Solares*	ND	5746,36	ND	5767,75
	Balance muros ext.	ND	-543,77	ND	-402,85
	Balance vidrio galería*	ND		ND	
	Pérdidas Infiltración	ND	-318,74	ND	-254
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.10. Balance de invierno. SIN CALEFACCIÓN. Burgos NORTE

Burgos_NORTE_Balance SIN CALEFACCIÓN Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas					
Espacio	Balance (Kwh)	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura del Aire	6,54°C	10,33°C	8,20°C	9,59°C
	Temperatura media int.	6,38°C	10,46°C	8,16°C	9,70°C
	Temperatura Radiante	6,22°C	10,60°C	8,11°C	9,80°C
	Demanda Calef.	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas infiltraciones	-73,95	-328,08	-769,56	-1158,98
	Qint Ocupación	303,18	304,16	1283,75	1276,23
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	5,46	18,28	40,48	61,8
Demanda Refr.**		ND	ND	ND	ND
Cerramiento	Muro Galería	-233,56	16,66	-538,45	99,41
	Muro Sin Galería	ND	ND		-246,46
Galería	Temp. media Ext./Gal.	5,42	9,25°C	5,42°C	8,95°C
	Temperatura del Aire	ND	8,58°C	ND	8,32°C
	Temperatura Radiante	ND	9,92°C	ND	9,58°C
	Ganancias Solares*	ND	1492,74	ND	1501,17
	Balance muros ext.	ND	-169,75	ND	-154,2
	Balance vidrio galería*	ND	-1055,83	ND	ND
	Pérdidas Infiltración	ND	-79	ND	-72,49
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.11. Balance de invierno. SIN CALEFACCIÓN. Sevilla SUR

SVQ_SUR_SIN CALEFACCIÓN Balance Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas					
Espacio	Balance (Kwh)	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura del Aire	19,83°C	31,77°C	17,39°C	20,64°C
	Temperatura media int.	20,07°C	32,74°C	17,51°C	21,05°C
	Temperatura Radiante	20,32°C	33,72°C	17,62°C	21,45°C
	Demanda Calef.	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas infiltraciones	-426,86	-1303,17	-1110,97	-2090,13
	Qint Ocupación	223,32	79,54	1058,54	937,86
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	85,32	242,69	265,69	400,16
Demanda Refr.**		ND	ND	ND	ND
Cerramiento	Muro Galería	190,8	1213,29	18,27	2622,61
	Muro Sin Galería	ND	ND		-1498,87
Galería	Temp. media Ext./Gal.	13,70°C	35,06°C	13,70°C	30,41°C
	Temperatura del Aire	ND	32,98°C	ND	28,84°C
	Temperatura Radiante	ND	37,15°C	ND	31,97°C
	Ganancias Solares*	ND	8377,83	ND	8407,56
	Balance muros ext.	ND	-683,92	ND	-491,24
	Balance vidrio galería*	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas Infiltración	ND	-506,15	ND	-407,12
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND

Tabla 1.2.12. Balance de invierno. SIN CALEFACCIÓN. Sevilla NORTE

SVQ_NORTE_SIN CALEFACCIÓN Balance Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas					
Espacio	Balance (Kwh)	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Habitación	Temperatura del Aire	15,04°C	18,89°C	17,39°C	18,84°C
	Temperatura media int.	14,95°C	19,12°C	17,51°C	19,13°C
	Temperatura Radiante	14,86°C	19,34°C	17,62°C	19,41°C
	Demanda Calef.	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas infiltraciones	-97,14	-377,78	-1110,97	-1554,61
	Qint Ocupación	264,34	242,57	1058,54	1013,94
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	44,31	79,86	265,69	324,09
Demanda Refr.**		ND	ND	ND	ND
Cerramiento	Muro Galería	-174,53	128,95	18,27	128,42
	Muro Sin Galería	ND	ND		380,34
Galería	Temp. media Ext./Gal.	13,70°C	18,28°C	13,70°C	18,31°C
	Temperatura del Aire	ND	17,51°C	ND	17,53°C
	Temperatura Radiante	ND	19,05°C	ND	19,09°C
	Ganancias Solares*	ND	1904,82	ND	1915,79
	Balance muros ext.	ND	-178,15	ND	-174,45
	Balance vidrio galería*	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas Infiltración	ND	-103,5	ND	-104,18
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND

Tabla 1.3. Distribución Anual Temperaturas. Sin calefacción. CS S/Orientación y lugar.

Distribución de temperaturas. Balance INVERNO sin climatización			Caso A (Hab. 3x6. 1 fach.)		Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso C (Hab. 3x3 1 fach.)		Caso D (Hab. 6x6 1 fach.)		Caso E (Viv. 12x6 2 fach.)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso G (Viv. 9x9 2 fach.)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Barcelona	Sur	<16°C	3096	148	3002	0	3009,5	2	3084	0	3373	1622,5	3347,5	2491,5	3362	2072
		<17°C	3235,5	475	3199	0	3201,5	59,5	3244	58	3700	2329,5	3703,5	2948,5	3705,5	2703,5
		17-20°C	717,5	1677	724,5	174	716	885,5	710	1049	397,5	965	380,5	625,5	392	673,5
		20-27°C	415	1943,5	441	2862,5	450	2575,5	414	2698	270,5	938,5	284	794	270,5	967,5
		>27°C	0	272,5	3,5	1331,5	0,5	847,5	0	563	0	135	0	0	0	23,5
Barcelona	Norte	<16°C	3775	3045,5	3812,5	2807	3812	2891	3770	2898,5	3373	2923	3347,5	3057,5	3362	2992
		<17°C	3815,5	3305,5	3839	2963	3835	3179,5	3816,5	3207	3700	3162	3703,5	3229	3705,5	3205
		17-20°C	409,5	507,5	438	801	445	614,5	409,5	583,5	397,5	644,5	380,5	602	392	619,5
		20-27°C	143	555	91	604	88	574	142	577,5	270,5	561,5	284	537	270,5	543,5
		>27°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Burgos	Sur	<16°C	N/A	N/A	4098,5	1353	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4244	3906	N/A	N/A
		<17°C	N/A	N/A	4204,5	1668	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4345,5	3982,5	N/A	N/A
		17-20°C	N/A	N/A	153,5	1041	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	22,5	295	N/A	N/A
		20-27°C	N/A	N/A	10	1143	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	90,5	N/A	N/A
		>27°C	N/A	N/A	0	516	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	N/A	N/A
Burgos	Norte	<16°C	N/A	N/A	4368	4001,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4244	4067	N/A	N/A
		<17°C	N/A	N/A	0	4050,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4345,5	4149,5	N/A	N/A
		17-20°C	N/A	N/A	0	317,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	22,5	218,5	N/A	N/A
		20-27°C	N/A	N/A	0	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	N/A	N/A
		>27°C	N/A	N/A	0	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	0	N/A	N/A
Sevilla	Sur	<16°C	N/A	N/A	961,5	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2426,5	390	N/A	N/A
		<17°C	N/A	N/A	1523,5	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2711,5	953	N/A	N/A
		17-20°C	N/A	N/A	1340,5	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	746,5	1648,5	N/A	N/A
		20-27°C	N/A	N/A	1376	670	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	909	1541	N/A	N/A
		>27°C	N/A	N/A	128	3698	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	225,5	N/A	N/A
Sevilla	Norte	<16°C	N/A	N/A	3069	1625	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2426,5	1590,5	N/A	N/A
		<17°C	N/A	N/A	3267	2341	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2711,5	2225,5	N/A	N/A
		17-20°C	N/A	N/A	771,5	665,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	746,5	911	N/A	N/A
		20-27°C	N/A	N/A	329,5	1206	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	909	1012	N/A	N/A
		>27°C	N/A	N/A	0	155,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	69,5	N/A	N/A



Tabla 1.4.1. Variación demanda según dimensión CS. Habitación en BCN a Sur

Análisis relación entre galería y forma de la habitación. Caso de estudio: Habitación en <b>Barcelona</b> orientada a <b>Sur</b>													
Muro LM24cm													
Habitación (fachada x prof.)	Compacidad (m3/m2)	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 sup (Kwh)	Ahorro/m2 fach (Kwh)	Habitación (fachada x prof.)	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 fachada (Kwh)
3x1	1	383,67	4,1	-379,57	-98,93	-126,52	-42,17	1x3	188,36	61,53	-126,83	-67,33	42,28
3x2	2	462,56	15,5	-447,06	-96,65	-74,51	-49,67	2x3	364,75	45,62	-319,13	-87,49	53,19
3x3	3	538,2	29,05	-509,15	-94,60	-56,57	-56,57	3x3	538,2	29,05	-509,15	-94,60	56,57
3x4	4	613,44	59,13	-554,31	-90,36	-46,19	-61,59	4x3	710,5	27,17	-683,33	-96,18	56,94
3x5	5	687,61	91,89	-595,72	-86,64	-39,71	-66,19	5x3	882,22	22,54	-859,68	-97,45	57,31
3x6	6	760,35	112,47	-647,88	-85,21	-35,99	-71,99	6x3	1053,57	16,67	-1036,9	-98,42	57,61
3x7	7	-	-	-	-	-	-	7x3	-	-	-	-	-
3x8	8	-	-	-	-	-	-	8x3	-	-	-	-	-
3x9	9	977,12	266,03	-711,09	-72,77	-26,34	-79,01	9x3	1691,86	12,93	-1678,93	-99,24	62,18
3x10	10	-	-	-	-	-	-	10x3	-	-	-	-	-
3x11	11	-	-	-	-	-	-	11x3	-	-	-	-	-
3x12	12	1380,19	430,17	-950,02	-68,83	-26,39	-105,56	12x3	2244,71	11,6	-2233,11	-99,48	62,03

Tabla 1.4.2. Variación demanda según dimensión CS. Habitación en Burgos a Sur

Análisis relación entre galería y forma de la habitación. Caso de estudio: Habitación en <b>Burgos</b> orientada a <b>Sur</b>													
Muro LM24cm													
Habitación (fachada x prof.)	Compacidad (m3/m2)	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 sup (Kwh)	Ahorro/m2 fach (Kwh)	Habitación (fachada x prof.)	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 fachada (Kwh)
3x1	1	1245,33	176,15	-1069,18	-85,86	-356,39	-118,80	1x3	548,88	213,79	-335,09	-61,05	111,70
3x2	2	1436,31	262,06	-1174,25	-81,75	-195,71	-130,47	2x3	1082,05	299,04	-783,01	-72,36	130,50
3x3	3	1608,5	338,69	-1269,81	-78,94	-141,09	-141,09	3x3	1608,5	338,69	-1269,81	-78,94	141,09
3x4	4	1772,23	458,83	-1313,4	-74,11	-109,45	-145,93	4x3	2131,94	406,82	-1725,12	-80,92	143,76
3x5	5	1930,12	567,09	-1363,03	-70,62	-90,87	-151,45	5x3	2654,12	454,06	-2200,06	-82,89	146,67
3x6	6	2085,5	666,07	-1419,43	-68,06	-78,86	-157,71	6x3	3175,44	498,67	-2676,77	-84,30	148,71
3x7	7	-	-	-	-	-	-	7x3	-	-	-	-	-
3x8	8	-	-	-	-	-	-	8x3	-	-	-	-	-
3x9	9	2541,21	1025,52	-1515,69	-59,64	-56,14	-168,41	9x3	5017,35	642,27	-4375,08	-87,20	162,04
3x10	10	-	-	-	-	-	-	10x3	-	-	-	-	-
3x11	11	-	-	-	-	-	-	11x3	-	-	-	-	-
3x12	12	3459,9	1409,5	-2050,4	-59,26	-56,96	-227,82	12x3	6665,88	797,41	-5868,47	-88,04	163,01

Tabla 1.4.3. Var. demanda s/dimensión. BCN a Sur. Doble Crujía, 6m

Análisis relación galería/dimensión viv. Caso de estudio: Vivienda en <b>Barcelona Norte-Sur</b>							
Muro LM24cm (doble fachada: galería a Sur)							
Habitación (fachada x prof.)	Compacidad (m3/m2)	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 sup (Kwh)	Ahorro/m2 fach (Kwh)
1x6	1	501,31	337,06	-164,25	-32,76	-27,38	-54,75
2x6	2	959,73	521,23	-438,5	-45,69	-36,54	-73,08
3x6	3	1407,66	672,08	-735,58	-52,26	-40,87	-81,73
4x6	4	1996,26	904,36	-1091,9	-54,70	-45,50	-90,99
5x6	5	2292,59	948,48	-1344,11	-58,63	-44,80	-89,61
6x6	6	2732,75	1082,8	-1649,95	-60,38	-45,83	-91,66
7x6	7	-	-	-	-	-	-
8x6	8	-	-	-	-	-	-
9x6	9	4251,14	1673,9	-2577,24	-60,62	-47,73	-95,45
10x6	10	-	-	-	-	-	-
11x6	11	-	-	-	-	-	-
12x6	12	5626,94	2156,68	-3470,26	-61,67	-48,20	-96,40

Tabla 1.4.4. Var. demanda s/dimensión. BCN a Sur. Doble Crujía, 9m

Análisis relación galería/dimensión viv. Caso de estudio: Vivienda en <b>Barcelona Norte-Sur</b>							
Muro LM24cm (doble fachada: galería a Sur)							
Habitación (fachada x prof.)	Compacidad (m3/m2)	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 sup (Kwh)	Ahorro/m2 fach (Kwh)
1x9	1	583,45	411,12	-172,33	-29,54	-19,15	-57,44
2x9	2	1129,14	665,44	-463,7	-41,07	-25,76	-77,28
3x9	3	1663,21	879,33	-783,88	-47,13	-29,03	-87,10
4x9	4	2192,58	1079,98	-1112,6	-50,74	-30,91	-92,72
5x9	5	2720,41	1275,09	-1445,32	-53,13	-32,12	-96,35
6x9	6	3247,06	1467,51	-1779,55	-54,80	-32,95	-98,86
7x9	7	-	-	-	-	-	-
8x9	8	-	-	-	-	-	-
9x9	9	4823,34	2036,95	-2786,39	-57,77	-34,40	-103,20
10x9	10	-	-	-	-	-	-
11x9	11	-	-	-	-	-	-
12x9	12	6396,75	2632,9	-3763,85	-58,84	-34,85	-104,55

Tabla 1.4.5. Var. demanda s/dimensión. BCN a Sur. Doble Crujía, 12m

Análisis relación galería/dimensión viv. Caso de estudio: Vivienda en <b>Barcelona Norte-Sur</b>							
Muro LM24cm (doble fachada: galería a Sur)							
Habitación (fachada x prof.)	Compacidad (m3/m2)	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 sup (Kwh)	Ahorro/m2 fach (Kwh)
1x12	1	660,27	482,73	-177,54	-26,89	-14,80	-59,18
2x12	2	1286,53	807,91	-478,62	-37,20	-19,94	-79,77
3x12	3	1899,5	1086,82	-812,68	-42,78	-22,57	-90,30
4x12	4	2508,04	1350,26	-1157,78	-46,16	-24,12	-96,48
5x12	5	3115	1606,73	-1508,27	-48,42	-25,14	-100,55
6x12	6	3721,21	1859,66	-1861,55	-50,03	-25,85	-103,42
7x12	7	-	-	-	-	-	-
8x12	8	-	-	-	-	-	-
9x12	9	5537,93	2609,86	-2928,07	-52,87	-27,11	-108,45
10x12	10	-	-	-	-	-	-
11x12	11	-	-	-	-	-	-
12x12	12	7351,57	3388,16	-3963,41	-53,91	-27,52	-110,09

Tabla 1.5.1. Demanda anual sobre Casos de estudio Alternativos (CS Alt.). BCN

Demanda Anual Calef. (365d). Muro 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas. BCN_Sur_Norte Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q iluminación																			
Orientación	Dato calculado	Alt.1 (6x12 en bloque "H")		Alt.2 (12x6 en bloque "H")		Alt.3 (6x12 gal. 50% fach.)		Alt.4 (12x6 gal. 50% fach.)		Alt. 5 (9x9 fach."L" gal 50%)		Alt. 6 (9x9 fach."L" gal 25%)		Alt. 7 (9x9 f."L" gal 100%)		Alt. 8 (6x12 gal. 2 fach.)		Alt. 9 (12x6 gal. 2 fach.)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Sur	Demanda Calef. (Kwh)	3026,72	918,91	4490,15	897,72	3721,21	2945,91	5362,78	3664,96	4412,5	1787,05	4412,5	3196,5	4412,5	728	3721,21	895,54	5362,78	486,18
Norte	Demanda Calef. (Kwh)	3598,05	2084,91	5074,37	2577,69	3721,21	3129,49	5362,78	4217,45	5595,2	3616,41	5595,2	4688,26	5595,2	1775,62	3721,21	895,54	5362,78	486,18

Tabla 1.5.2. Demanda anual sobre Casos de estudio Alternativos (CS Alt.). BCN a Sur

BCN_SUR_Balance Invierno. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm, Sin Ventanas																				
Espacio	Balance (Kwh)	Alt.1 (6x12 en bloque "H")		Alt.2 (12x6 en bloque "H")		Alt.3 (6x12 gal. 50% fach.)		Alt.4 (12x6 gal. 50% fach.)		Alt. 5 (9x9 fach. "L" gal 50%)		Alt. 6 (9x9 fach. "L" gal 25%)		Alt. 7 (9x9 f. "L" gal 100%)		Alt. 8 (6x12 gal. 2 fach.)		Alt. 9 (12x6 gal. 2 fach.)		
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	
Habitación	Temperatura del aire	19,16°C	20,74°C	19,10°C	21,23°C		19,24°C		19,33°C	19,11°C	20,25°C	19,11°C	19,45C	19,11°C	22,11°C		20,84°C		22,17°C	
	Temperatura Operativa	18,94°C	21,15°C	18,60°C	21,69°C	18,63°C	19,03°C	18,20°C	18,94°C	18,64°C	20,43°C	18,64°C	19,25°C	18,64°C	22,87°C	18,63°C	21,27°C	18,20°C	22,86°C	
	Temp. Radiante	18,74°C	21,56°C	18,11°C	22,14°C		18,81°C		18,55°C	18,16°C	20,62°C	18,16°C	19,05°C	18,16°C	23,64°C		21,71°C		23,54°C	
	Demanda Calef.	2646,3	853,33	3683,24	831,01	3268,12	2646,93	4731,45	3319,96	3946,07	1665,58	3946,07	2925,51	3946,07	476,33	3268,12	855,08	4731,45	449,9	
	Pérdidas infiltraciones	-2343,29	-2833,76	-2305,12	-2932,66	-2305,41	-2384,41	-2218,7	-2357,53	-2605,67	-2472,82	-2605,67	-2741,8	-2605,67	-3739,58	-2305,41	-2908,78	-2218,7	-3301,56	
	Qint Ocupación	1014,85	948,92	1008,94	907,09	1020,64	1018,18	993,18	991,1	1137,9	1091,92	1137,9	1130,83	1137,9	1012,22	1020,64	958,72	993,18	885,6	
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Carga Latente	309,38	386,81	304,32	406,18	303,59	315,53	292,13	313,43	344,25	410,71	344,25	365,41	344,25	526,79	303,59	398,27	292,13	466,09	
	Demanda Refr.**	0	-40,61	0	-124,72	0	0	0	0,31	0	59,82	0	0,62	0	268,47	0	-51,21	0	-262,29	
Cerramiento	Muro Galería	-1331	1564,64	-2411,23	3549,98	-1999,31	691,21	-3540,88	1847,98	-2495,91	2781,15	-2495,91	1226,12	-2495,91	2452,14	-1999,31	1570,73	-449,22	-3540,88	3274,26
	Muro Sin Galería		-504,29		-2264,26		-1977,29		-3817,67		-2472,82		-2546,6		ND		ND		ND	-1113,57
Galería	Temp. media Ext./Gal.	11,36°C	25,91°C	11,36°C	27,14°C	11,36°C	23,28°C	11,36°C	24,94°C	11,36°C	26,33°C	11,36°C	24,46°C	11,36°C	24,64°C	11,36°C	27,30°C	18,21°C	11,36°C	27,67°C
	Temperatura del aire	ND	24,38°C	ND	25,48°C	ND	22,04°C	ND	23,52°C	ND	24,75°C	ND	23,10°C	ND	23,04°C	ND	27,03°C	17,95°C	ND	25,94°C
	Temp. Radiante	ND	27,44°C	ND	28,80°C	ND	24,52°C	ND	26,35°C	ND	27,90°C	ND	25,83°C	ND	26,24°C	ND	27,56°C	18,46°C	ND	29,39°C
	Ganancias Solares*	ND	6623,94	ND	13049,24	ND	3291,77	ND	6617,48	ND	10010,15	ND	4954,63	ND	16376,31	ND	5356,96	1382,6	ND	13049,24
	Balance muros ext.	ND	-466,05	ND	-586,51	ND	-348,94	ND	-429,42	ND	-507,96	ND	-401,51	ND	-688,16	ND	-477,35	-232,13	ND	-609,68
	Balance vidrio galería*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Pérdidas Infiltracion	ND	-353,46	ND	-802,77	ND	-131,37	ND	-330,25	ND	-562,42	ND	-231,52	ND	-1131,26	ND	-425,55	-187,01	ND	-829,2
Rad. solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

## 10. Segunda parte de la investigación: Estudio en función de los parámetros de diseño y materialidad.

### *El tipo de muro entre la galería y el interior*

Como ya se ha visto, la interacción entre el muro y la galería es clave para determinar el comportamiento de ésta. Así, en primera instancia, la galería cumple la función de retener la energía que llega al muro por radiación y rebota, en función de su absorptividad, para calentar dicho espacio. De este modo, en segunda instancia, se altera el clima al que se enfrenta el edificio a través de dicho muro, alterando el balance que se produce en este muro. Por tanto, todas las características del muro (absortividad, calor específico, transmitancia e inercia térmica) determinan su comportamiento.

Para comprobarlo como afectan estos factores ligados al tipo de muro, se ha probado a introducir cada uno de los muros descritos en el apartado inputs del presente documento. Se han tomado como base para ello, los casos de estudio de la habitaciones de 6x3 y de 6x3, y de la vivienda de 6x12, para los climas de Barcelona y Burgos, siempre en orientación Sur.

Los resultados aparecen anexos en las Tablas 2.1.1 a 2.1.6 (Anexo B pg. 60), que muestran la demanda anual para cada caso, y en la tabla 3.2. donde se desarrolla el balance de la habitación de 6x3 en Barcelona a Sur. De estas tablas, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Los resultados muestran en la mayoría de los casos que, a mayor transmitancia tiene un muro, mayor rendimiento se obtendrá de la galería. Esto se debe a que, como ya se explicó en el ciclo de la galería, cuando la temperatura en la galería es mayor que en el interior y que en el exterior, disipa energía hacia a ambos lados. La transmitancia es, por tanto, un factor clave al ser dicho flujo proporcional a ella.
- Sin embargo, si revisamos los balances de invierno de la Tabla 2.2. (Anexo B pg. 60) vemos cómo el balance de estos muros, para los casos de estudio analizados, es positivo. Podría darse la situación, como pasa en otros casos, de que la galería funcione más como un espacio tapón (reduce las

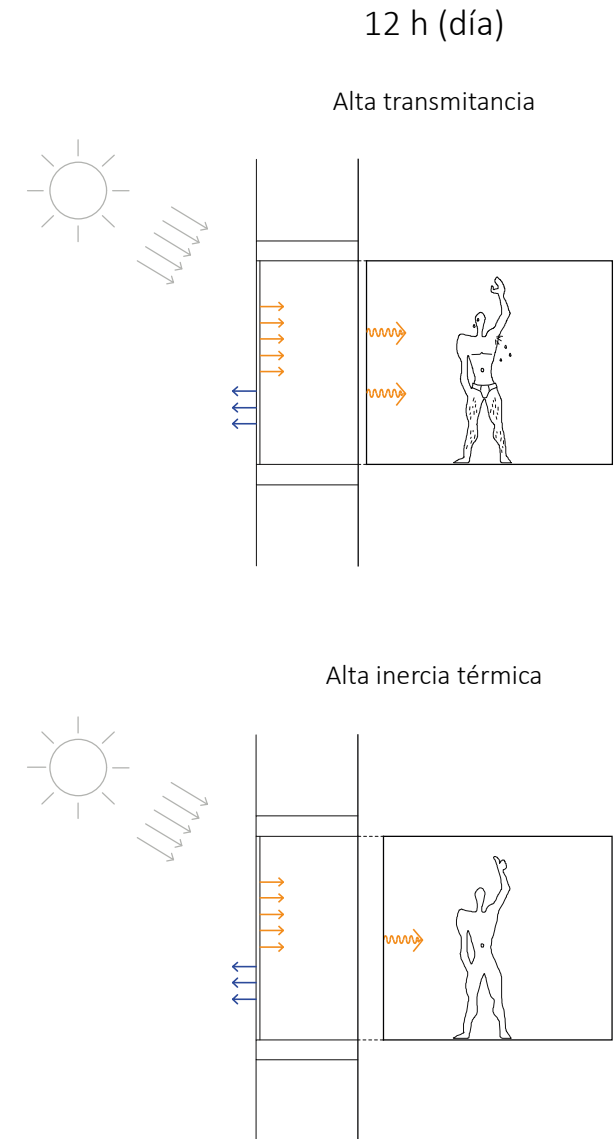


Fig. 10.1. Inercia Vs Transmitancia: Un mayor aporte de energía instantáneo frente un aporte continuo en el tiempo. Diagrama de día. Elaboración propia

pérdidas del muro, como suele pasar en la orientación Norte) que como un espacio captador (consigue ganancias). En esos casos, seguiría pasando lo mismo que en un muro convencional, esto es, mientras mayor sea la transmitancia, mayores serán las pérdidas. Es por tanto muy importante, a la hora de diseñar una galería, determinar si funciona como elemento captador o como elemento tapón, porque el muro funcionará de forma contraria en un caso que en otro, pudiendo volverse un factor que juegue en contra.

- Para los casos estudiados, cuando se aumenta la inercia térmica del muro (muros LM14cm – LM30cm), vemos cómo hay veces que se reduce la demanda y otras que aumenta, sin que haya una diferencia notable. Esto se debe a que, al aumentar la inercia (acumulas energía más tiempo), también lo hace la transmitancia del muro (reduces el flujo de energía hacia el interior), por lo que de algún modo se anulan entre ellas, dependiendo de cada circunstancia que te pueda funcionar mejor una u otra cualidad del muro.

No obstante, y aunque habría que profundizar en este tema, para una demanda similar sería recomendable optar por el muro de mayor inercia, pues en ausencia de calefacción sería capaz de garantizar un mayor confort, debido a la regulación térmica, y funcionará mejor en los momentos donde la galería actuase como espacio tapón (días nublados o durante la noche)

- Vemos también como, en los casos estudiados, una mayor absorptividad reduce siempre la demanda. Esto se debe a que el muro captará más energía por radiación solar. Esta energía, por tanto, en lugar de rebotar en el muro y volver a escapar de la galería a través del vidrio, al mantenerse en forma de luz, la absolverá el muro y la emitirá en forma de radiación. Bien la emita directamente al interior aunque se caliente menos el volumen de la galería, bien lo haga calentando igualmente dicho volumen por radiación, el sistema conseguirá retener más energía.

En resumen, podemos decir que un muro en una galería funcionará mejor cuanto mayor sea su absorptividad, cuanta mayor transmitancia tenga (siempre que no funcione como espacio tapón, en cuyo caso interesa lo contrario) y, aunque no tuviese un gran peso en la reducción de la demanda, con una mayor inercia térmica se logrará un mayor confort.

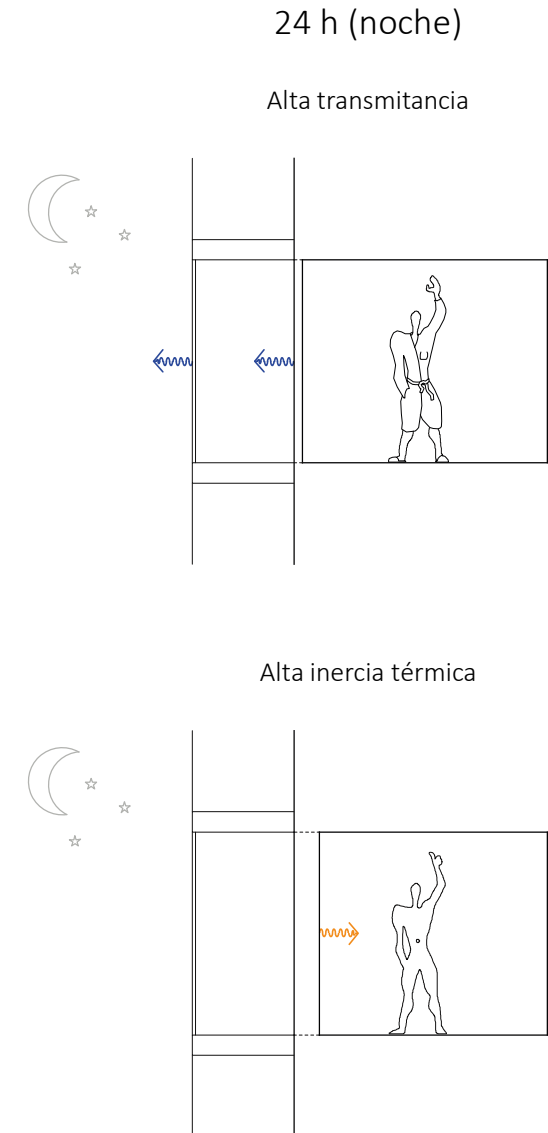


Fig. 10.2. Inercia Vs Transmitancia: Un mayor aporte de energía instantáneo frente un aporte continuo en el tiempo. Diagrama de noche. Elaboración propia

*Superficies traslúcidas: influencia del tipo de vidrio, el porcentaje de hueco y su disposición.*

El primer factor de diseño, más importante quizás que el tipo de muro, sea el tipo de vidrio (o cualquier otro material traslúcido que permita la captación) el porcentaje y la disposición en que aparece en el paramento exterior de la galería. Pues de él depende directamente la cantidad de radiación que se capte, y por tanto, la potencial ganancia de energía.

También será importante el tipo de vidrio, porcentaje de hueco y disposición que caracterice el muro hacia el interior, pues también modificará el comportamiento de éste, y por tanto, como se ha visto antes, de la galería.

#### El porcentaje de hueco del muro interior:

Así, en primer lugar, como se refleja en la Tablas 2.3.1. a 2.3.3. (Anexo B pg. 62) se comprueba la influencia del porcentaje de hueco según tipos de muros. Se hace para distintas orientaciones y localizaciones, en la demanda anual, sobre el caso de estudio de la habitación de 6x3, y la vivienda de 6x12.

La conclusión que podemos extraer es que, por norma general, un mayor porcentaje hueco generará unas ganancias mayores. Esto se debe a que, por un lado, igual que vemos en los casos de referencia, un mayor porcentaje de hueco implicará unas mayores ganancias directas por luz solar hacia el interior. Por otro, dado que el vidrio seleccionado tiene una transmitancia menor que el muro, tal y como hemos visto en el apartado anterior, permitirá unas mayores ganancias por transmisión desde la galería.

Así, vemos como cuando el muro inicial tiene una transmitancia menor, el efecto del hueco es más notable.

Sin embargo, como se ve en el caso de estudio de la habitación, para cada circunstancia puede llegar un momento donde un mayor porcentaje de hueco puede volverse desfavorable. Al fin y al cabo, igual que pasa en el muro simple, la reducción de la demanda depende de un equilibrio entre una mayor transmitancia que permita un mayor flujo de energía, y una inercia que retarde la emisión de esta energía al interior hasta las horas donde sean más desfavorables. También en algunos

de los casos a Norte, un aumento de la proporción de hueco puede hacer reducir la transmitancia y provocar que la galería pase de funcionar como espacio captador a espacio tapón, dado que las ganancias por radiación solar de la galería son bastante débiles. Este punto de inflexión explica por qué en algunos de los casos estudiados la demanda no decrece según aumente el porcentaje de hueco, sino que describe una curva, donde la proporción hueco/muro idónea dependerá de las circunstancias propias de cada caso.

#### El tipo de vidrio exterior e interior:

Sobre los casos de estudio de la habitación de 6x3 y la vivienda de 6x12, se prueba qué influencia tiene en la demanda modificar el tipo de vidrio elegido, tanto en el paramento exterior de la galería como en el muro interior. Se hacen pruebas con un vidrio simple de 6mm, y otro doble con cámara intermedia de 6+6+6, dando lugar a 4 combinaciones: Vidrio simple en ambos lados, vidrio doble hacia el exterior y simple hacia el interior, vidrio simple hacia el exterior y doble hacia el interior, y vidrio doble en ambos lados, que se comparan igualmente al vidrio simple de 3mm ya usado durante todo el ejercicio.

Los resultados, para distintas localizaciones y orientaciones son los que se muestran en las Tablas 2.4.1. a 2.4.5 (Anexo B pg. 63 y 64), de donde se pueden extraer los siguientes resultados:

- En esta ocasión, vemos cómo en el caso del muro de pie de ladrillo, que se usa como muro de referencia, a partir del momento donde se usan vidrios de 6mm, un mayor porcentaje de hueco en el muro se torna peor. Se evidencia de nuevo el comportamiento del muro como un equilibrio entre su transmitancia y su inercia.
- En el caso de las habitaciones, se refleja que aumentar el espesor del vidrio captador hace que la galería funcione peor, pues al ser más grueso, reducirá la cantidad de energía captada. Sin embargo, el vidrio doble en ocasiones funciona mejor, pues la reducción de su transmitancia, y por tanto, de las pérdidas hacia el exterior, están compensando lo que se deja de ganar a través de radiación. El tipo de vidrio en el muro hacia el interior parece poco relevante, aunque a priori funcionaría peor para un mayor espesor.

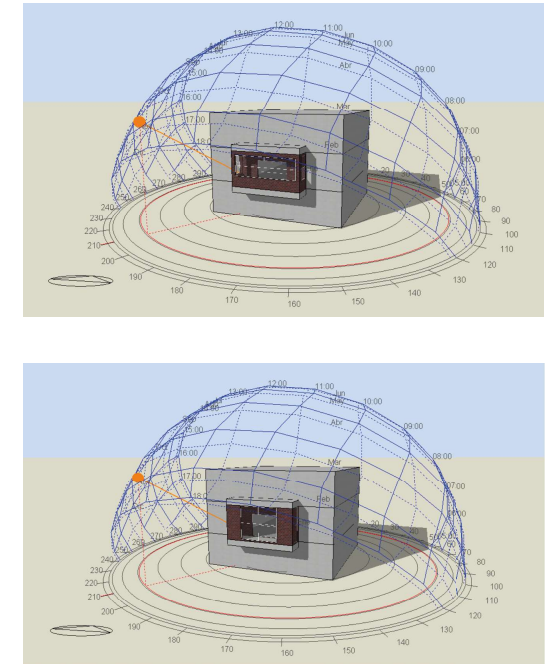


- Sin embargo, en este caso podemos deducir que es poco realista prestar atención a las habitaciones, pues al ser un sistema cerrado, el que funcione mejor será normalmente el que más energía capte.
- Si nos fijamos más bien en la vivienda, vemos como cuando hay vidrio hacia el interior, funcionará mejor sin cámara y cuando menor sea el espesor del vidrio, con una diferencia de la demanda de un 14%.
- En el resto de orientaciones, aumenta la demanda cuando el espesor del vidrio aumenta de 3 a 6mm, pero vuelve a empeorar cuando se pone el vidrio doble con cámara. En todo caso, estas diferencias son mínimas, por debajo de un 3%.
- Si comparamos si es mejor que el vidrio doble esté en el muro o en la galería, de acuerdo a los resultados del programa para el caso estudiado, para la orientación a Sur funciona mejor cuando está en el muro, mientras que en el resto de orientaciones, funciona mejor que el vidrio de la galería sea el doble.
- De forma general, tiene menos influencia el tipo de vidrio que se elige para el muro, que el que se elige en la galería hacia el exterior.

#### La disposición del vidrio:

Otro factor que se ha tenido en cuenta, y que también es un parámetro de influencia en el comportamiento de la galería, es la proporción del cerramiento hacia el exterior de la galería que es de vidrio y que actúa como captadora de energía.

Así, se ha calculado la demanda anual sobre los casos de estudio para diferentes porcentajes de hueco del cerramiento exterior de la galería (100%, 60% y 30%) y para dos disposiciones. Así, se mantiene unas veces un mismo ancho, variará la altura del antepecho, y en otras se mantiene la altura del hueco, centrado en el cerramiento y variando el ancho de las jambas. La Tabla 2.5 (Anexo B pg. 65) muestra los resultados obtenidos, cuyas conclusiones son las siguientes:



*Fig. 10.3. - 10.4. Disposiciones del vidrio consideradas, horizontal (arriba) y vertical (abajo), introducidas en Design Builder. Elaboración propia*

- Como era de esperar, un mayor porcentaje de vidrio sobre el total del cerramiento implica una reducción exponencial de la demanda.

- Para una misma proporción de hueco, es más conveniente distribuirlo horizontalmente, adaptando la altura del antepecho, que distribuirlo verticalmente, ajustando las jambas. Esto se debe a que, a priori, siempre va a ser más beneficioso proyectar la luz incidente sobre el muro, pues una parte de esa energía pasará de forma directa al interior, que sobre el suelo de la galería, que en todo caso, devolverá esa energía a su propio volumen, distribuyéndose desde ahí entre el edificio y el exterior.

#### La profundidad de la galería:

El último de los parámetros de diseño y materialidad que se han considerado que condicionan el funcionamiento de la galería es su profundidad, pues determina, como ya hemos visto, la sombra proyectada sobre el muro y, por tanto, como se redistribuye la energía incidente entre dicho muro y el suelo de la galería, condicionando el funcionamiento de ésta.

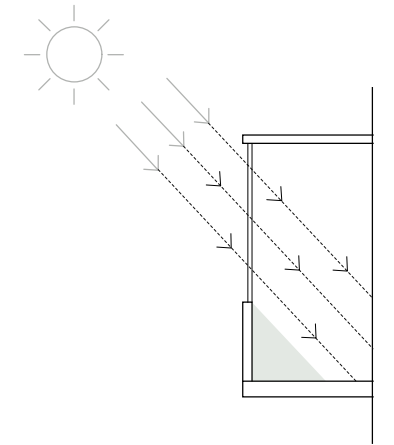
Cabe decir que, lo que en este estudio se ha considerado como un parámetro, realmente serían dos factores diferentes: la relación entre la altura y la profundidad, que es lo que realmente te determina la sombra proyectada sobre el muro (una galería de 1,5m de fondo y 3m de alto, funciona en este sentido igual que una galería de 2m de fondo y 4m de alto), y el volumen de aire que alberga en su interior (a menor volumen, más rápido se calentará, pudiendo tener un mayor rendimiento).

No obstante, como el estudio está enfocado en unas galerías <<estándar>> y orientado sobre todo a su uso vivienda, podemos considerar la profundidad como el parámetro que represente a estos dos factores, pues la altura oscilará siempre en torno a los 3m.

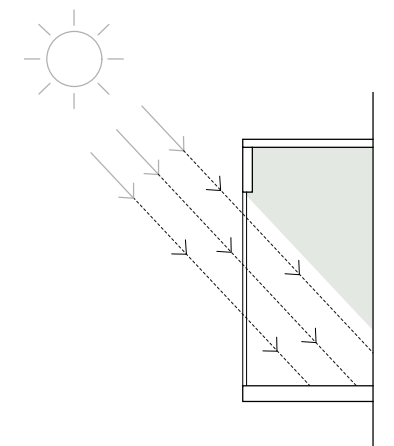
Los resultados de este análisis aparecen en la Tabla 2.6 (Anexo B pg. 66), donde se ha jugado a modificar la profundidad de la galería tipo, de donde se extraen las siguientes conclusiones:

- Una galería funcionará mejor cuanto menor sea su profundidad. Esto parece ser debido a tres

Incidencia solar en  
galería con antepecho



Incidencia solar en  
galería con dintel



*Fig. 10.5. Incidencia solar según la posición del vidrio en el cerramiento exterior. Elaboración propia*

factores: una mayor incidencia de la radiación solar sobre el muro interior, que como ya se ha comentado antes, mejora el rendimiento de la galería, un menor volumen de aire, que se calentará antes y tendrá también un mayor rendimiento y, para la galería estudiada, una menor proporción de cerramiento hacia el exterior respecto al muro interior, tema que será el objeto de discusión del punto siguiente.

- Esta reducción, en todo caso, parece más notable en la orientación a Sur, que cuando es a Norte.

- No obstante, para el caso estudiado, en las orientaciones Este y Oeste, al aumentar la profundidad (o el vuelo más bien) de la galería, la reducción de la demanda oscila siempre entre los mismos valores. Esto se debe a que la superficie de captación por el paramento lateral a Sur aumenta según el vuelo de la galería sea mayor, compensando el aumento de las pérdidas.

#### *Conclusiones generales sobre los parámetros de diseño y constructivos de la galería:*

-Una galería funcionará mejor cuanto mayor absorptividad tenga el paramento del muro de fachada hacia el interior, pues retendrá mas energía.

-Una mayor inercia en el muro hacia el interior mejorará el comportamiento de la galería, retardando la liberación de la energía a las horas más frías.

-Se obtendrá un mayor rendimiento de la galería cuanto menor sea la transmitancia del muro hacia el interior, salvo si la galería actúa como espacio tapón, en cuyo caso será al revés.

-Una mayor inercia implica una menor transmitancia, por lo que si el muro actúa como captador, son efectos que se contraponen (uno te aumenta el flujo instantáneo de energía, el otro te lo reduce, pero la distribuye en el tiempo). Conviene buscar para cada situación el equilibrio óptimo entre ambas.

-La proporción adecuada de hueco en el muro y el tipo de vidrio dependerán también de este equilibrio entre transmitancia e inercia térmica, habiendo un óptimo para cada caso.

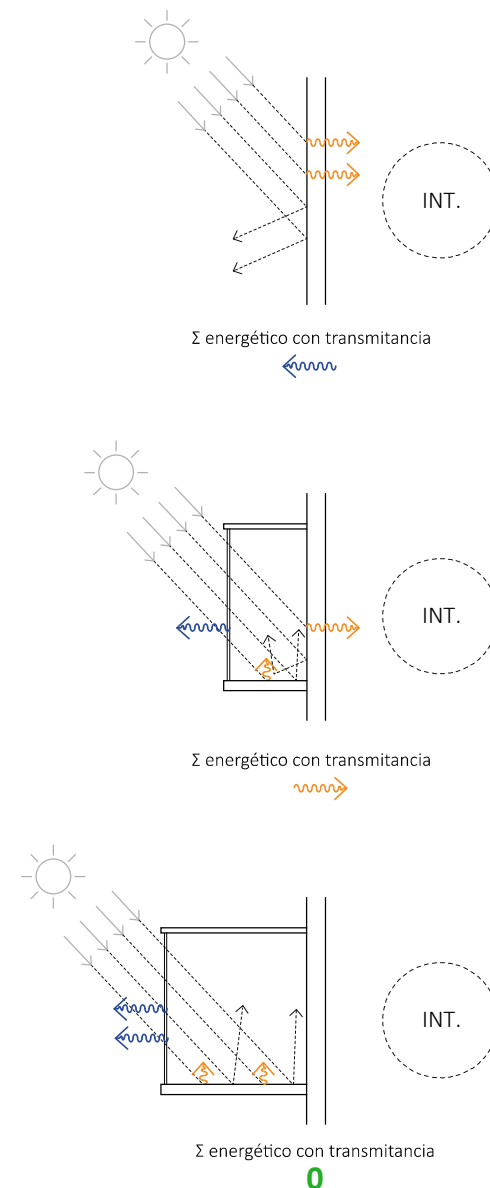


Fig. 10.6. Incidencia solar y balance para cada caso, según la profundidad de la galería. Elaboración propia

-El tipo de vidrio óptimo viene determinado por el equilibrio entre la cantidad de radiación solar que lo traspasa y la transmitancia del vidrio. Un vidrio de mayor espesor filtrará más la luz, haciendo que menos energía pase al interior, pero al mismo tiempo, tendrá una transmitancia menor y contendrá mejor esa energía.

- Depende por tanto el tipo de vidrio adecuado, en buena medida, del clima y la orientación a la que te enfrentes. Para orientaciones buenas y climas suaves, sería por tanto conveniente decantarse por vidrios más finos, mientras que para peores orientaciones y climas, con menor incidencia solar y mayores pérdidas, podría ser conveniente optar por vidrios más gruesos.

-Tendrá más influencia, en todo caso, el tipo de vidrio elegido para el cerramiento exterior, que el que se elige para los huecos interiores, cuya influencia llega a ser en algunos casos depreciable.

-El vidrio captador de la galería funcionará mejor posicionándolo en la parte superior del cerramiento exterior de la galería, y extendiéndolo en horizontal.

-Una galería, desde el punto de vista energético, funcionará mejor cuanto menos profundidad tenga. No obstante, orientada a Este y a Oeste puede llegar a estar compensada mediante la captación en los paramentos laterales a Sur.

## ANEXO B: Tablas de resultados del análisis de los parámetros de diseño y constructivos.

### *2.1. Demanda anual de calefacción según el tipo de muro:*

- Tabla 2.1.1. Sobre Habitación de 6x3 en BCN a Sur
- Tabla 2.1.2. Sobre Habitación de 3x6 en BCN a Sur
- Tabla 2.1.3. Sobre Habitación de 6x3 en Burgos a Sur
- Tabla 2.1.4. Sobre Habitación de 3x6 en Burgos a Sur
- Tabla 2.1.5. Viv. de 6x12 en BCN a Sur. Fachada anversa igual
- Tabla 2.1.6. Viv. de 6x12 en BCN a Sur. Fachada anversa diferente

### *2.2. Balance energético de invierno según tipo de muro:*

- Tabla 2.2. Sobre Habitación de 6x3 en BCN a Sur

### *2.3. Demanda de calefacción según % hueco en muro:*

- Tabla 2.3.1. Fachada LM24cm
- Tabla 2.3.2. Fachada 1/2 pié + EPS + LH
- Tabla 2.3.3. Fachada Panel Sandwich Mad. + EPS + Mad.

### *2.4. Demanda de calefacción según el tipo de vidrio empleado:*

- Tabla 2.4.1. Vidrio simple 3mm en Gal./Int.
- Tabla 2.4.2. Vidrio simple 6mm en Gal./Int.
- Tabla 2.4.3. Vidrio simple 6mm en Gal./Vidrio Doble Int.
- Tabla 2.4.4. Vidrio Doble en Gal./Vidrio simple 6mm Int.
- Tabla 2.4.5. Vidrio Doble en Gal./Int.

### *2.5. Demanda según disposición y % de superficie de captación en el cerramiento de la galería*

- Tabla 2.5. Sobre Hab. 6x3 y Viv. 6x12. Dif. % vidrio en muro interior

### *2.6. Demanda según profundidad de la galería*

- Tabla 2.6. Sobre Hab. 6x3 y Viv. 6x12. Dif. % vidrio en muro interior

Tabla 2.1.1. Demanda S/tipo de muro. BCN\_Sur Hab. 3x6

Habitación 6x3 Barcelona Sur		
Comparativa demandas calef. Por tipo de muro		
Tipo de Muro	Ref.	Gal.
LM14cm	1255,45	23,81
LM24cm	1053,57	16,67
LM30cm	967,24	14,5
1/2 pié +cámara 5cm + LH	753,35	46,37
1/2 pié + 5cm EPS +LH	519,08	152,18
Sandwich: Aluminio 5mm + 5cm EPS	602,87	144,74
Sandwich: Madera (Abs 0,25) + 5cm EPS	621,55	210,65
LM24cm NEGRO (Abs 0,95)	773,8	11,06

Tabla 2.1.2. Demanda S/tipo de muro. BCN\_Sur Hab. 6x3

Habitación 3x6 Barcelona Sur		
Comparativa demandas calef. Por tipo de muro		
Tipo de Muro	Ref.	Gal.
LM14cm	856,54	108,26
LM24cm	760,35	112,47
LM30cm	717,2	116,64
1/2 pié +cámara 5cm + LH	595,12	172,16
1/2 pié + 5cm EPS +LH	472	280,52
Sandwich: Aluminio 5mm + 5cm EPS	514,94	274
Sandwich: Madera (Abs 0,25) + 5cm EPS	523,33	313,81
LM24cm NEGRO (Abs 0,95)	594,79	95,11

Tabla 2.1.3. Demanda S/tipo de muro. Burgos\_Sur Hab. 3x6

Habitación 6x3 Burgos Sur		
Comparativa demandas calef. Por tipo de muro		
Tipo de Muro	Ref.	Gal.
LM14cm	3810,04	539,57
LM24cm	3175,44	498,67
LM30cm	2907,24	483,7
1/2 pié +cámara 5cm + LH	2006,57	523,71
1/2 pié + 5cm EPS +LH	1197,52	616,88
Sandwich: Aluminio 5mm + 5cm EPS	1356,44	623,26
Sandwich: Madera (Abs 0,25) + 5cm EPS	1306	693,26
LM24cm NEGRO (Abs 0,95)	2769,51	453,64

Tabla 2.1.4. Demanda S/tipo de muro. BCN\_Sur Hab. 6x3

Habitación 3x6 Burgos Sur		
Comparativa demandas calef. Por tipo de muro		
Tipo de Muro	Ref.	Gal.
LM14cm	2421,36	686,04
LM24cm	2085,46	669,82
LM30cm	1942,15	664,92
1/2 pié +cámara 5cm + LH	1450,55	693,2
1/2 pié + 5cm EPS +LH	1025,73	756,65
Sandwich: Aluminio 5mm + 5cm EPS	1106,24	761,5
Sandwich: Madera (Abs 0,25) + 5cm EPS	1078,3	797,68
LM24cm NEGRO (Abs 0,95)	1862,85	630,45

Tabla 2.1.5. Demanda S/tipo de muro. BCN\_Sur Viv. 3x6 Fach. Iguales

Vivienda 6x12 Barcelona Sur (doble fachada)			
Demandas calef. Por tipo de muro (ambas fachadas iguales)			
Tipo de Muro (Ambas fachadas)	Ref.	Gal.	%dif.
LM14cm	4212,38	2097,47	-50,21
LM24cm	3721,21	1859,66	-50,03
LM30cm	3497,05	1762,85	-49,59
1/2 pié +cámara 5cm + LH	2719,77	1557,16	-42,75
1/2 pié + 5cm EPS +LH	1999,31	1539,42	-23,00
Sandwich: Aluminio 5mm + 5cm EPS	2169,16	1597,06	-26,37
Sandwich: Madera (Abs 0,25) + 5cm EPS	2127,15	1656,38	-22,13
LM24cm NEGRO (Abs 0,95)	3244,48	1703,11	-47,51

Tabla 2.1.6. Demanda S/tipo de muro. BCN\_Sur Viv. 3x6 Fach. Diferentes

Vivienda 6x12 Barcelona Sur (doble fachada)			
Demandas calef. Por tipo de muro Gal. (Fachada anversa LM24cm)			
Tipo de Muro (Fachada Galería)	Ref.	Gal.	%dif.
LM14cm	3879,14	1782,24	-54,06
LM24cm	3721,21	1859,66	-50,03
LM30cm	3648,03	1915,27	-47,50
1/2 pié +cámara 5cm + LH	3462,69	2285,47	-34,00
1/2 pié + 5cm EPS +LH	3275,36	2809,13	-14,23
Sandwich: Aluminio 5mm + 5cm EPS	3356,18	2772,93	-17,38
Sandwich: Madera (Abs 0,25) + 5cm EPS	3384,12	2909,15	-14,04
LM24cm NEGRO (Abs 0,95)	3347,59	1780,32	-46,82

Tabla 2.2. Balance de invierno S/tipo de muro. BCN\_Sur Hab. 6x3

		BCN_SUR Balance Invierno_Hab. 6x3 Según tipo de muro															
Espacio	Balance (Kwh)	LM14cm		LM24cm		LM30cm		1/2 pie +cámara 5cm + LH		1/2 pie + 5cm EPS +LH		Sandw.: Al 5mm + 5cm EPS		Sandw.: Mad. (0,25) + EPS		LM24cm NEGRO (Abs 0,95)	
		Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
	Temperatura Aire	19,63°C	24,87°C	19,49°C	24,65°C	19,43°C	24,51°C	19,54°C	23,51°C	19,58°C	21,37°C	19,43°C	21,60°C	19,30°C	20,91°C	20,07°C	25°C
	Temperatura Operativa	19,22°C	25,77°C	19,16°C	25,52°C	19,13°C	25,35°C	19,38°C	24,21°C	19,59°C	21,79°C	19,39°C	22,05°C	19,23°C	21,25°C	19,94°C	25,92°C
	Temperatura Radiante	18,80°C	26,67°C	18,82°C	26,38°C	18,83°C	26,20°C	19,23°C	24,90°C	19,60°C	22,22°C	19,36°C	22,50°C	19,16°C	21,60°C	19,82°C	26,83°C
Habitación	Demanda Calef.	1094,74	21,08	922,13	12,58	846,03	9,84	655,24	40	448,29	144,77	519,21	135,28	531,76	194,03	687,29	7,7
	Pérdidas Infiltraciones	-600,14	-984,05	-568,98	-967,65	-552,01	-957,18	-567,89	-884,91	-570,94	-729,38	-588,91	-746,15	-574,3	-696,51	-608,64	-993,2
	Qint Ocupación	239,78	176,13	232,57	179,57	228,12	181,75	230,51	194,38	230,34	221,52	243,78	218,67	242,98	227	225,91	174,89
	Ganancias solar vidrio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Carga Latente	80,35	146,1	76,07	142,65	73,63	140,47	75,83	127,85	76	100,7	78,08	103,55	76,01	95,22	82,73	147,34
	Demanda Refr.**	0	-372,71	-0,83	-291,03	-0,22	-255,49	0	-127,33	0	-15,7	0	-19,99	0	-9,25	-15,15	-347,7
Cerramiento	Muro Galería	-734,16	1123,34	-592,81	1034,93	-531,14	991,55	-321,83	755,96	-111,11	374,38	-177,84	406,73	-205,2	282,97	-299,62	1123,17
	Muro Sin Galería	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Galería	Temp. media Ext./Gal.	11,36°C	27,40°C	11,36°C	27,68°C	11,36°C	27,81°C	11,36°C	28,6°C	11,36°C	29,83°C	11,36°C	29,31°C	11,36°C	28,64°C	11,36°C	28,02°C
	Temp. Aire	ND	25,71°C	ND	25,95°C	ND	26,07°C	ND	26,73°C	ND	27,83°C	ND	27,35°C	ND	26,77°C	ND	26,25°C
	Temp. Radiante	ND	29,09°C	ND	29,40°C	ND	29,55°C	ND	30,47°C	ND	31,83°C	ND	31,27°C	ND	30,51°C	ND	29,79°C
	Ganancias Solares*	ND	6601,59	ND	6601,59	ND	6601,59	ND	6601,59	ND	6601,59	ND	6601,59	ND	6601,59	ND	6601,59
	Balance muros ext.	ND	-536,53	ND	-547,15	ND	-552,2	ND	-583,61	ND	-631,28	ND	-615,42	ND	-600,42	ND	-554,14
	Balance vidrio galería*	ND	-7906,28	ND	-7973	ND	-8004,77	ND	-8207,64	ND	-8513,85	ND	-8486,78	ND	-8559,19	ND	-7912,71
	Pérdidas Infiltracion	ND	-380,37	ND	-386,84	ND	-389,87	ND	-407,36	ND	-436,26	ND	-423,31	ND	-408,28	ND	-394,68
Radiación solar incidente sobre galería		ND	ND	ND	10231,48	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND



Tabla 2.3.1. Demanda de calefacción según % hueco en muro. Muro LM 24cm

			Demanda Anual Calef. (365d). Según %HUECO interior. V S 3mm en Galería/Hueco int. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q iluminación															
Ubicación	Orientación	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso B2 (Hab. 6x3_H. 15%)		Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)		Caso B4 (Hab. 6x3_H. 60%)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso F2 (Viv. 6x12_H. 15%)		Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)		Caso F4 (Viv. 6x12_H. 60%)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Barcelona (C2)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1053,57	18,42	627,24	14,71	371,29	13,07	175,25	14,11	3721,21	1859,66	3110,87	1834,67	2528,33	1809,65	1594,63	1766,66
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1845,11	624,27	1657,35	603,38	1484,8	583,6	1188,67	547,4	3721,21	2462,97	3534,12	2446,53	3349,65	2429,46	2997,31	2393,52
Burgos (E1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	3175,44	498,67	2491,89	475,65	1952,94	456,18	1289,07	433,18	9227,13	5676,37	8369,8	5652,6	7531,76	5628,17	6027,78	5581,22
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	4198	1563,85	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	9227,13	6460,92	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sevilla (B4)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	411,09	0,13	178,2	0,19	80,41	0,24	30,59	0,36	1976,21	699,5	1488,12	687,04	1066,82	675,89	518,76	664,5
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1161,72	351,6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1976,21	1188,89	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 2.3.2. Demanda de calefacción según % hueco en muro. Muro 1/2 pié LM + EPS + LH

Demanda Anual Calef. (365d). Según %HUECO interior. V S 3mm en Galería/Hueco int. Muro 1/2 pié LM + 5cm EPS + LH Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Qiluminación																										
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)			Caso B2 (Hab. 6x3_H. 15%)			Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)			Caso B4 (Hab. 6x3_H. 60%)			Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)			Caso F2 (Viv. 6x12_H. 15%)			Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)			Caso F4 (Viv. 6x12_H. 60%)		
			Ref.	Gal.		Ref.	Gal.		Ref.	Gal.		Ref.	Gal.		Ref.	Gal.		Ref.	Gal.		Ref.	Gal.		Ref.	Gal.	
Barcelona (C2)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	519,08		152,18	142,27		63,11	59,37		33,48	57,14		19,45	1999,31		1539,42	1415,39		1306,35	948,64		1122,73	447,08		878,95
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	653,2		464,6	632,68		451,67	644,29		449,7	719,29		462,66	1999,31		1804,02	1969,22		1780,94	1948,27		1766,22	1937,53		1751,53
Burgos (E1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1197,52		616,88	764,71		488,67	601,04		428,7	626,06		397,19	4305,22		3584,04	3665,05		3353,49	3153,94		3176,29	2481,82		2931,88
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A
Sevilla (B4)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	271,71		18,81	18,29		1,79	4,66		0,79	5,13		0,52	1208,11		811,96	663,63		605,6	317,02		452,5	62,38		285,33
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A	N/A		N/A

Tabla 2.3.3. Demanda de calefacción según % hueco en muro. Muro Panel Sandwich Mad. + EPS + Mad.

Demanda Anual Calef. (365d). Según %HUECO interior. V S 3mm en Galería/Hueco int. Muro Sandwich Panel Madera (Abs 0,25) + 5cm EPS Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q iluminación																		
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso B2 (Hab. 6x3_H. 15%)		Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)		Caso B4 (Hab. 6x3_H. 60%)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso F2 (Viv. 6x12_H. 15%)		Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)		Caso F4 (Viv. 6x12_H. 60%)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Barcelona (C2)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	621,55	210,65	179,45	82,27	72,67	41,72	64,18	23,53	2127,15	1656,38	1504,03	1403,85	1006,63	1203,09	473,17	922,55
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	677,71	498,43	649,58	474,18	659,04	467,92	733,15	476,1	2127,15	1943,91	2088,26	1916,56	2061,21	1896,73	2040,9	1870,58
Burgos (E1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1306	693,26	816,07	529,94	635,49	455,15	652,87	411,95	4426,72	3729,87	3750,44	3472	3209,61	3275,04	2518,27	2985,06
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sevilla (B4)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	382,36	45,88	31,71	4,26	7,73	1,32	6,55	0,74	1353,78	913,05	746,94	683,56	362,23	515,84	72,48	318,38
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 2.4.1. Demanda de calefacción según el tipo de vidrio empleado. Vidrio simple 3mm en Gal./Int.

Demanda Anual Calef. (365d). Según TIPO VIDRIO V S 3mm en Galería/Hueco int. Muro INERCIA 1 pie LM 24cm Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q ilum.										
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Barcelona (C2)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1053,57	18,42	371,29	13,02	3721,21	1859,66	2528,33	1809,65
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1845,11	624,27	1484,8	583,6	3721,21	2462,97	3349,65	2429,46
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1528,83	286,49	1008	248,17	3947,73	2444,73	3299,39	2402,61
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1538,61	285,25	1028,12	252,1	3947,73	2421,64	3319,16	2390,48
Burgos (E1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	3175,44	498,67	1952,94	456,18	9227,13	5676,37	7531,76	5628,17
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	4198	1563,85	N/A	N/A	9227,13	6460,92	N/A	N/A
Sevilla (B4)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	411,09	0,13	80,41	0,24	1976,21	699,5	1066,82	675,89
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1161,72	351,6	N/A	N/A	1976,21	1188,89	N/A	N/A

Tabla 2.4.2. Demanda de calefacción según el tipo de vidrio empleado. Vidrio simple 6mm en Gal./Int.

Demanda Anual Calef. (365d). Según TIPO VIDRIO V S 6mm en Galería/Hueco int. Muro INERCIA 1 pie LM 24cm Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q ilum.										
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Barcelona (C2)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1053,57	18,83	393,78	20,44	3721,21	1867,01	2594,96	1907,5
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1845,11	627,66	1501,3	609,39	3721,21	2467,68	3367,22	2467,89
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1528,83	290,77	1030,89	274,26	3947,73	2454,8	3333,8	2465,11
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1538,61	290,51	1051,59	277,84	3947,73	2431,59	3354,53	2452,97
Burgos (E1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	3175,44	502,51	2005,66	501,29	9227,13	5693,07	7631,42	5777,91
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sevilla (B4)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	411,09	0,14	87,84	0,41	1976,21	704,35	1112,6	743,25
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 2.4.3. Demanda de calefacción según el tipo de vidrio empleado. Vidrio simple 6mm en Gal./Vidrio Doble Int.

Demanda Anual Calef. (365d). S/TIPO VIDRIO V S 6mm en Galería/VD 6+6+6 Hueco int. Muro INERCIA 1 pie LM 24cm Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q ilum.										
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Barcelona (C2)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1053,57	18,83	393,19	20,44	3721,21	1867,01	2708,65	1973,3
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1845,11	627,66	1425,84	609,39	3721,21	2467,68	3298,23	2472,2
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1528,83	290,77	1001,77	274,26	3947,73	2454,8	3336,35	2494,29
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1538,61	290,51	1020,62	277,84	3947,73	2431,59	3353,13	2479,91
Burgos (E1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	3175,44	502,51	1945,31	501,17	9227,13	5693,07	7699,5	5843,5
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sevilla (B4)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	411,09	0,14	88,5	0,41	1976,21	704,35	1208,33	793,4
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 2.4.4. Demanda de calefacción según el tipo de vidrio empleado. Vidrio Doble en Gal./Vidrio simple 6mm Int.

Demanda Anual Calef. (365d). S/TIPO VIDRIO VD 6+6+6 en Galería/VS 6mm Hueco int. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q ilum.										
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Barcelona (C2)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1053,57	13,18	393,78	20,79	3721,21	1826,78	2594,96	2005,81
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1845,11	613,32	1501,3	601,78	3721,21	2453,33	3367,22	2466,55
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1528,83	284,97	1030,89	284,48	3947,73	2445,9	3333,8	2512,47
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1538,61	284,36	1051,59	285,77	3947,73	2421,69	3354,53	2498,91
Burgos (E1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	3175,44	464,79	2005,66	482,28	9227,13	5631,09	7631,42	5873,59
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sevilla (B4)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	411,09	0,03	87,84	0,35	1976,21	676,01	1112,6	816,12
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 2.4.5. Demanda de calefacción según el tipo de vidrio empleado. Vidrio Doble en Gal./Vidrio Doble Int.

Demanda Anual Calef. (365d). S/TIPO VIDRIO VD 6+6+6 en Galería/VD 6+6+6 Hueco int. Muro INERCIA 1 pié LM 24cm Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q ilum.										
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
Barcelona (C2)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1053,57	13,18	393,19	20,79	3721,21	1826,78	2708,65	2059,39
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1845,11	613,32	1425,84	601,78	3721,21	2453,33	3298,23	2468,11
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1528,83	284,97	1001,77	284,48	3947,73	2445,9	3336,35	2534,04
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1538,61	284,36	1020,62	285,77	3947,73	2421,69	3353,13	2518,2
Burgos (E1)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	3175,44	464,79	1945,31	482,28	9227,13	5631,09	7699,5	5924,12
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sevilla (B4)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	411,09	0,03	88,5	0,35	1976,21	676,01	1208,33	859,23
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A



Tabla 2.5. Demanda de calefacción según la disposición y el % de vidrio en el cerramiento exterior (sup. captación)

Demanda Anual Calef. (365d). Según %TRANSP. GALERÍA. BCN_Muro INERCIA 1 pie LM 24cm. VS 3mm int./ext. Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q ilum.										
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
100% (caso tipo)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1053,57	18,42	371,29	13,02	3721,21	1859,66	2528,33	1809,65
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1845,11	624,27	1484,8	583,6	3721,21	2462,97	3349,65	2429,46
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1528,83	286,49	1008	248,17	3947,73	2444,73	3299,39	2402,61
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1538,61	285,25	1028,12	252,1	3947,73	2421,64	3319,16	2390,48
60% (Disp. Vert. suelo- techo)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	204,56	-/-	153,08	-/-	2549,51	-/-	2521,38
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	889,2	-/-	842,72	-/-	2745,09	-/-	2721,58
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	563	-/-	507,53	-/-	2872,31	-/-	2845,56
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	561,06	-/-	509,17	-/-	2855,99	-/-	2836,22
30% (Disp. suelo-techo, ancho var.)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	483,26	-/-	436,91	-/-	3076,33	-/-	3068,58
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	1068,4	-/-	1043,45	-/-	2934,41	-/-	2923,73
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	811,17	-/-	775	-/-	3192,44	-/-	3181,29
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	808,61	-/-	774,9	-/-	3177,2	-/-	3169,74
60% (Disp. Horizontal, antepecho var.)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	212,84	-/-	160,3	-/-	2566,88	-/-	2537,08
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	895,27	-/-	848,82	-/-	2751,79	-/-	2727,9
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	569,03	-/-	513,32	-/-	2880,93	-/-	2853,24
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	566,98	-/-	514,84	-/-	2864,41	-/-	2843,72
30% (Disp. Horizontal, antepecho var.)	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	498,52	-/-	453,19	-/-	3098,75	-/-	3090
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	1076,11	-/-	1051,83	-/-	2942,91	-/-	2932
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	818,36	-/-	782,71	-/-	3201,76	-/-	3190,06
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	816,65	-/-	783,39	-/-	3187,43	-/-	3179,29

Tabla 2.6. Demanda de calefacción según la profundidad de la galería

Demanda Anual Calef. (365d). Según PROF. GALERÍA. BCN_SUR. Muro INERCIA 1 pie LM 24cm. VS 3mm int./ext. Qvent= 1ren./h Ocup.= 1pers./18m2 Sin Q ilum.										
Ubicación	Orientación Galería	Dato calculado	Caso B (Hab. 6x3 1 fach.)		Caso B3 (Hab. 6x3_H. 30%)		Caso F (Viv. 6x12 2 fach.)		Caso F3 (Viv. 6x12_H. 30%)	
			Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.	Ref.	Gal.
0,6 m	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	1053,57	4,88	371,29	2,36	3721,21	1668,45	2528,33	1624,46
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	1845,11	562,22	1484,8	501,5	3721,21	2374,82	3349,65	2341,74
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	1528,83	286	1008	231,81	3947,73	2399,38	3299,39	2360,68
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	1538,61	285,78	1028,12	234,85	3947,73	2374,32	3319,16	2348,99
1,2 m	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	17,9	-/-	8,32	-/-	1804,29	-/-	1754,81
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	622,65	-/-	561,33	-/-	2440,89	-/-	2407,47
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	302,23	-/-	246,53	-/-	2437,53	-/-	2396,1
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	302,05	-/-	249,98	-/-	2413,55	-/-	2383,61
1,5 m	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	18,42	-/-	13,02	-/-	1859,66	-/-	1809,65
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	624,27	-/-	583,6	-/-	2462,97	-/-	2429,46
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	286,49	-/-	248,17	-/-	2444,73	-/-	2402,61
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	285,25	-/-	252,1	-/-	2421,64	-/-	2390,48
2 m	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	42,1	-/-	23,25	-/-	1936,55	-/-	1884,57
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	667,79	-/-	609,12	-/-	2485,28	-/-	2451,67
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	300,88	-/-	244,32	-/-	2442,98	-/-	2400,2
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	300,93	-/-	248,37	-/-	2420,9	-/-	2387,93
2,5 m	Sur	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	55,28	-/-	32,47	-/-	1995,29	-/-	1940,37
	Norte	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	677,39	-/-	619,68	-/-	2490,54	-/-	2455,74
	Este	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	290,97	-/-	233,76	-/-	2428,22	-/-	2383,11
	Oeste	Demanda Calef. (Kwh)	-/-	291,16	-/-	237,36	-/-	2406,58	-/-	2370,74

## 11. Relación entre la galería y el edificio. El factor de fachada exterior/interior

Ya se ha visto que, en buena medida, el comportamiento de una galería depende de la acumulación de energía en su volumen interior, calentando el aire que contiene. Y que esta masa de aire transmitirá, a través de su cerramiento, energía al interior del edificio, siendo la gran responsable del ahorro energético que se produzca.

También se ha comprobado que esta energía acumulada depende de sus condiciones de contorno, diseño y materialidad. Sin embargo, la cantidad de energía que de ella gane el edificio dependerá de dos factores: La transmitancia del cerramiento de la galería a exterior (el vidrio captador), la del cerramiento a interior (el muro), y la proporción de superficie entre ambos, pues esta energía se disipará hacia ambos lados.

Esto es, una mayor proporción de fachada a interior maximizará la cantidad de energía que, respecto al exterior, se vuelque hacia el interior.

Considerando que la transmitancia de los cerramientos es un factor ya ligado a las características materiales de la galería, resulta fundamental ahora considerar esta relación de superficies, a la que se ha denominado el Factor de Fachada ext./int. Y que dependerá de cómo sea <<la liaison>> de la galería con el edificio.

### *Formas de relación entre la galería y el edificio:*

Este encaje se puede realizar de múltiples maneras, que en el presente punto se han tratado de categorizar. Se distinguen así tres tipos básicos, tres tipos alternativos, y tres variantes posibles sobre cada una de ellas, dando un total de 18 combinaciones posibles.

De este modo, los 3 tipos básicos + 3 tipos alternativos serían los siguientes. Se consideran están en una planta intermedia de un edificio, siendo adiabáticos tanto por arriba como por debajo:

-Tipo 1: Galería perforada dentro del edificio. La relación fachada exterior/interior será menor a 1

-Tipo 2: Galería en esquina. La relación fachada exterior/interior será 1

-Tipo 2b: Igual que la anterior, pero con el paramento lateral opaco, no actuando como captador.

-Tipo 3: Galería volada. La relación fachada exterior/interior será mayor a 1

-Tipo 3b: Igual que la anterior, pero con los paramento laterales opaco, no actuando como captadores.

-Tipo 3c: Igual que la anterior, pero con uno de los laterales opacos, y el otro como captador. Si el paramento vidriado estuviese orientado a Norte, podríamos considerar que actúa como una de tipo 3b.

Bajo los 6 tipos anteriores, existirían las siguientes variantes:

-Var. 1: Ocupa la parte superior de un cuerpo, pérdidas por el forjado superior.

-Var. 2: Ocupa la parte inferior de un cuerpo, pérdidas por el forjado inferior.

-Var. 3: Cuerpo de una planta, pérdidas por ambos forjados.

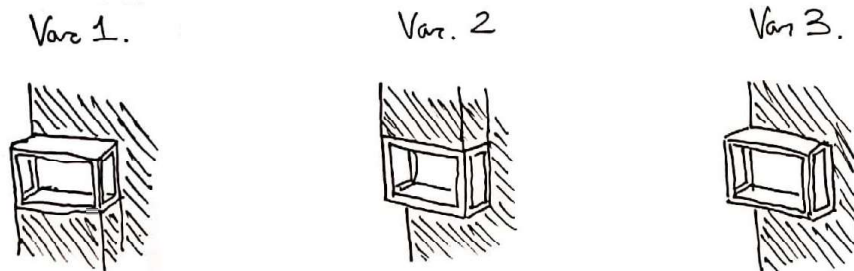
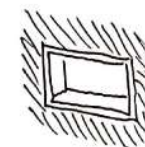


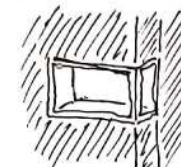
Fig. 11.2. Variantes posibles sobre los tipos de galería. Elaboración propia

Galer. tipo 4:

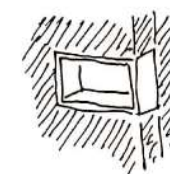


Galer. tipo 2:

2a:

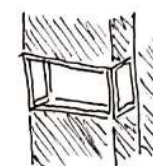


2b



Galer. tipo 3:

3a



3b



3c



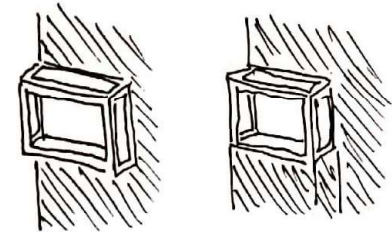
Fig. 11.1. Clasificación de tipos básicos y alternativos de galería. Elaboración propia

Se podría tener en cuenta, además, que para las variantes 1 y 3 el forjado superior podría ser más bien un paramento captador, aumentando el número de variantes posibles.

#### *El factor de fachada y el ancho de la galería:*

Una vez explicado el concepto del factor de fachada, y clasificados los tipos de encaje con el edificio posibles, se ha de notar que para una misma <<sección de galería>, con una profundidad dada, dicho factor de fachada se modificará en función del ancho de la galería, tendiendo a 1 cuanto más ancha sea, como se muestra en las Tablas 6.2.1-6.2.6 (Anexo C pg. 71 y 72)

Estas tablas también demuestran que una mayor proporción de fachada a interior, respecto a la fachada (o envoltente) a exterior, consiguen mejorar el aporte de la galería al edificio, pues se <<desvía>> más energía hacia el interior.



*Fig. 11.3. Variantes de galería con vidrio captador en el plano superior.  
Elaboración propia*



## ANEXO C: Tablas de resultados del estudio del factor de fachada sobre la galería tipo.

### *3.1. Factor de fachada en función del tipo, variante y dimensiones de la galería:*

- Tabla 3.1.1. Tipo 0. Demostración de un valor constante kWh/m<sup>2</sup> fachada para un factor de fachada constante

- Tabla 3.1.2. Reducción demanda en Galería de tipo 2

- Tabla 3.1.3. Reducción demanda en Galería de tipo 3

- Tabla 3.1.4. Reducción demanda en Galería de tipo 3\_Var 1

- Tabla 3.1.5. Reducción demanda en Galería de tipo 3\_Var 2

- Tabla 3.1.6. Reducción demanda en Galería de tipo 3\_Var 3

Tabla 3.1.1. Tipo 0. Ideal de Factor de fachada constante

Galería Tipo 0. Kwh según ancho de la habitación. Caso de estudio: BCN Sur						
Muro LM24cm						
Habitación (fachada x prof.)	Factor de Fachada m2 F ext/F int.	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 fachada (Kwh)
1x3	1	188,36	2,6	-185,76	-98,62	61,92
2x3	1	364,75	1,03	-363,72	-99,72	60,62
3x3	1	538,2	0,47	-537,73	-99,91	59,75
4x3	1	710,5	0,88	-709,62	-99,88	59,14
5x3	1	882,22	0,91	-881,31	-99,90	58,75
6x3	1	1053,57	0,96	-1052,61	-99,91	58,48
7x3	1	-	-	-	-	-
8x3	1	-	-	-	-	-
9x3	1	1691,86	1,15	-1690,71	-99,93	62,62
10x3	1	-	-	-	-	-
11x3	1	-	-	-	-	-
12x3	1	2244,71	1,79	-2242,92	-99,92	62,30

Tabla 3.1.2. Reducción demanda en Galería de tipo 2

Galería Tipo 2. Kwh según ancho de la habitación. Caso de estudio: BCN Sur						
Muro LM24cm						
Habitación (fachada x prof.)	Factor de Fachada m2 F ext/F int.	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 fachada (Kwh)
1x3	2,5	188,36	34,39	-153,97	-81,74	51,32
2x3	1,75	364,75	17,38	-347,37	-95,24	57,90
3x3	1,5	538,2	8,97	-529,23	-98,33	58,80
4x3	1,375	710,5	8,31	-702,19	-98,83	58,52
5x3	1,3	882,22	6,58	-875,64	-99,25	58,38
6x3	1,25	1053,57	5,65	-1047,92	-99,46	58,22
7x3	1,214	-	-	-	-	-
8x3	1,19	-	-	-	-	-
9x3	1,17	1691,86	4,77	-1687,09	-99,72	62,48
10x3	1,15	-	-	-	-	-
11x3	1,136	-	-	-	-	-
12x3	1,125	2244,71	1,79	-2242,92	-99,92	62,30

Tabla 3.1.3. Reducción demanda en Galería de tipo 3

Galería Tipo 3. Kwh según ancho de la habitación. Caso de estudio: BCN Sur						
Muro LM24cm						
Habitación (fachada x prof.)	Factor de Fachada m2 F ext/F int.	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 fachada (Kwh)
1x3	4	188,36	61,53	-126,83	-67,33	42,28
2x3	2,5	364,75	45,62	-319,13	-87,49	53,19
3x3	2	538,2	29,05	-509,15	-94,60	56,57
4x3	1,75	710,5	27,17	-683,33	-96,18	56,94
5x3	1,6	882,22	22,54	-859,68	-97,45	57,31
6x3	1,5	1053,57	16,67	-1036,9	-98,42	57,61
7x3	1,43	-	-	-	-	-
8x3	1,375	-	-	-	-	-
9x3	1,33	1691,86	12,93	-1678,93	-99,24	62,18
10x3	1,3	-	-	-	-	-
11x3	1,27	-	-	-	-	-
12x3	1,25	2244,71	11,6	-2233,11	-99,48	62,03

Tabla 3.1.4. Reducción demanda en Galería de tipo 3\_VAR 1

Galería Tipo 3_VAR 1. Kwh según ancho de la habitación. Caso de estudio: BCN Sur						
Muro LM24cm						
Habitación (fachada x prof.)	Factor de Fachada m2 F ext/F int.	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 fachada (Kwh)
1x3	4,5	188,36	63,74	-124,62	-66,16	41,54
2x3	3	364,75	49,92	-314,83	-86,31	52,47
3x3	2,5	538,2	38,28	-499,92	-92,89	55,55
4x3	2,25	710,5	32,33	-678,17	-95,45	56,51
5x3	2,1	882,22	28,98	-853,24	-96,72	56,88
6x3	1,94	1053,57	25,99	-1027,58	-97,53	57,09
7x3	1,88	-	-	-	-	-
8x3	1,83	-	-	-	-	-
9x3	1,8	1691,86	20,34	-1671,52	-98,80	61,91
10x3	1,77	-	-	-	-	-
11x3	1,74	-	-	-	-	-
12x3	1,72	2244,71	20,05	-2224,66	-99,11	61,80

Tabla 3.1.5. Reducción demanda en Galería de tipo 3\_VAR 2

Galería Tipo 3_VAR 2. Kwh según ancho de la habitación. Caso de estudio: BCN Sur						
Muro LM24cm						
Habitación (fachada x prof.)	Factor de Fachada m2 F ext/F int.	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 fachada (Kwh)
1x3	4,5	188,36	79,09	-109,27	-58,01	36,42
2x3	3	364,75	90,64	-274,11	-75,15	45,69
3x3	2,5	538,2	95	-443,2	-82,35	49,24
4x3	2,25	710,5	99,44	-611,06	-86,00	50,92
5x3	2,1	882,22	95,26	-786,96	-89,20	52,46
6x3	1,94	1053,57	100,25	-953,32	-90,48	52,96
7x3	1,88	-	-	-	-	-
8x3	1,83	-	-	-	-	-
9x3	1,8	1691,86	116,5	-1575,36	-93,11	58,35
10x3	1,77	-	-	-	-	-
11x3	1,74	-	-	-	-	-
12x3	1,72	2244,71	140,78	-2103,93	-93,73	58,44

Tabla 3.1.6. Reducción demanda en Galería de tipo 3\_VAR 3

Galería Tipo 3_VAR 3. Kwh según ancho de la habitación. Caso de estudio: BCN Sur						
Muro LM24cm						
Habitación (fachada x prof.)	Factor de Fachada m2 F ext/F int.	Demanda Ref. (Kwh)	Demanda Galería (Kwh)	Dif. (Kwh)	%Ahorro	Ahorro/m2 fachada (Kwh)
1x3	5	188,36	79,09	-109,27	-58,01	36,42
2x3	3,5	364,75	90,64	-274,11	-75,15	45,69
3x3	3	538,2	95	-443,2	-82,35	49,24
4x3	2,75	710,5	99,44	-611,06	-86,00	50,92
5x3	2,6	882,22	105,88	-776,34	-88,00	51,76
6x3	2,5	1053,57	113,05	-940,52	-89,27	52,25
7x3	2,43	-	-	-	-	-
8x3	2,375	-	-	-	-	-
9x3	2,33	1691,86	135,27	-1556,59	-92,00	57,65
10x3	2,3	-	-	-	-	-
11x3	2,27	-	-	-	-	-
12x3	2,25	2244,71	165,59	-2079,12	-92,62	57,75

## 12. Sombras proyectadas sobre la galería desde el exterior.

Otro parámetro de influencia en el comportamiento de la galería son las sombras que los objetos presentes en el entorno arrojasen sobre ella. Sería de este modo, dentro de la clasificación realizada al principio, un parámetro de contorno. Sin embargo, a diferencia de la mayoría de aquellos, que pueden cuantificarse de forma más o menos exacta en torno a unos valores promedios (temperatura, radiación incidente, cargas internas...) la sombra arrojada depende de cada caso particular. Es posible tanto que no haya sombras, como que las haya de forma perenne a lo largo de todo el invierno.

Tiene por tanto un impacto importantísimo en el comportamiento de una galería, pues afecta de forma directa a la cantidad de radiación que incide sobre ella. A mayor sombra arrojada, menos radiación incide y, por tanto, menos energía se capta.

No obstante, pese a ser un parámetro de influencia particular para cada caso, presenta la ventaja de actuar directamente sobre la radiación incidente y no interferir con el resto de parámetros dentro del sistema.

Por tanto, es un dato que se podría medir independientemente de lo que suceda dentro de la galería, simplemente conociendo su volumen capaz. Existen multitud de herramientas (cartas solares, softwares...) que permiten hacerlo.

De hecho, en el contexto español, el propio CTE-HE cuenta con un método para el cálculo de pérdidas de radiación solar aplicable para la captación solar en placas de ACS y fotovoltaicas, que podría ser adaptado.

El resultado de dicho cálculo podría, por tanto, ser introducido en un cálculo simplificado de una galería, asociándole un coeficiente de reducción.

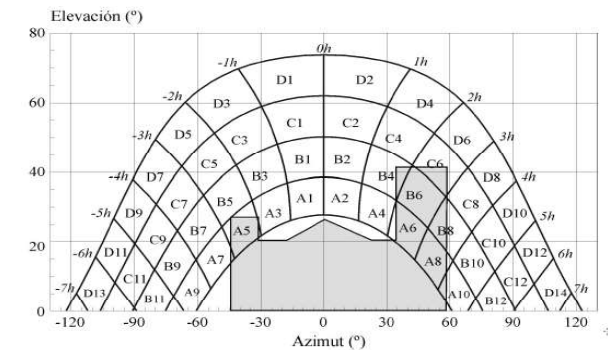


Fig. 12.1. Cálculo de sombras sobre el diagrama de trayectorias del sol del CTE-HE 5. Imagen: Autor desconocido. Fuente: <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/files/2014/08/diagrama-sombras-solar.jpg>

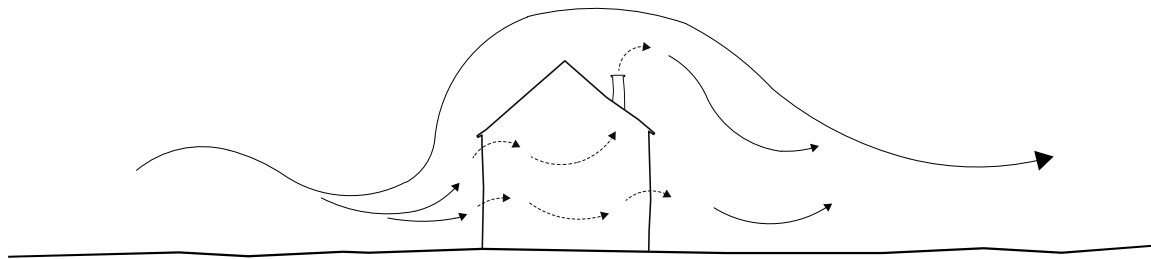
### 13. Infiltraciones y ventilación

#### *La galería y el impacto de las infiltraciones en la vivienda*

Como se comentó en el apartado de condicionantes de partida previo al desarrollo del estudio de la galería, las infiltraciones se han obviado en el caso de estudio por la dificultad de asociar unas infiltraciones a cada solución constructiva (tipo de muro, encuentros, carpintería y % de hueco...) siendo algo que el propio CTE no concreta, limitándose a comentar que <<se asegurará una adecuada estanqueidad al aire>>, si bien es cierto que en uno de sus Anexos aparece un método para su cálculo. Además, implica mezclar el balance energético con la mecánica de fluidos, dándole excesiva complejidad al estudio individualizado de los parámetros analizados. Sin embargo, podemos razonar cómo afectaría colocar una galería sobre la envolvente de un edificio.

Así, hemos de tener en cuenta que el problema de las infiltraciones no es en sí que, entre aire al edificio, algo que realmente es positivo por higiene. El problema viene porque esta entrada de aire implica siempre unas pérdidas energéticas (en invierno el aire que entre será más frío, cuando queremos calefactar, mientras que en verano será más caliente, cuando lo que queremos es enfriar) y se producen de forma descontrolada, por juntas, defectos de ejecución o deterioro en la envolvente del edificio. Entonces, lo ideal es reducir las lo máximo posible. Y, desde el punto de vista del presente estudio, saber si una galería es capaz de hacerlo.

Para ello, lo primero es saber qué provoca las infiltraciones. Éstas vienen causadas debida a las diferencias de presión del aire a un lado y a otro del muro. Esta diferencia de presión viene causada, a su vez, dada principalmente por un flujo de aire: el viento. Cuando el viento incide sobre la



*Fig. 13.1. Presión del viento e infiltraciones. Elaboración propia*

fachada de un edificio, aumenta la presión sobre ella, haciendo que el aire se infiltre a su través. A su misma vez, en la fachada anversa, ese mismo viento hará que se reduzca la presión, tirando del aire interior hacia fuera.

Por tanto, el efecto de las infiltraciones se puede considerar unidireccional, dependiente de la dirección del viento, la cual a su vez es variable a lo largo del viento. Así, si obviamos que para caso existe un viento con una dirección dominante en la que actuará la mayoría de las veces, podemos pensar que existe un <<modelo ideal>> donde el viento, con la misma presión, sople el 50% de las veces en un sentido, y el 50% de las veces en el opuesto.

Entonces, en una vivienda doble crujía colocada en perpendicular a éste, aunque siempre se produzcan pérdidas energéticas debido a la diferencia de temperatura, el balance en cuanto a lo que

$b > a$

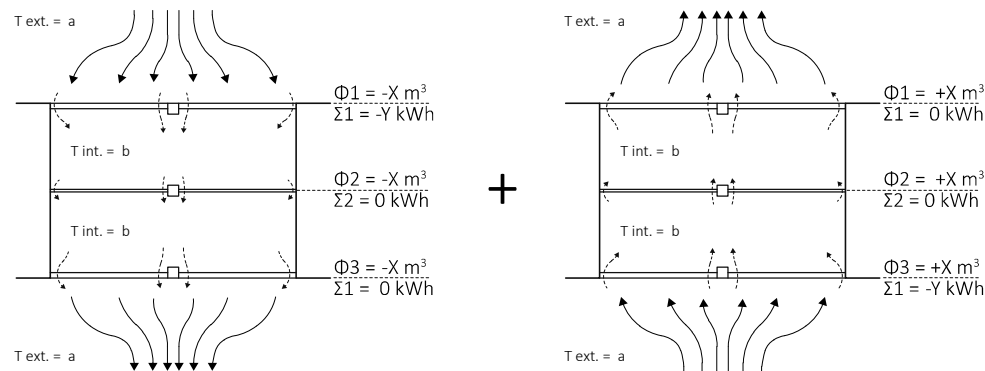


Fig. 13.2. Flujo de aire y balance en las infiltraciones de una vivienda de doble fachada. Elaboración propia

respecta al flujo de aire en cada uno de sus muros, será 0.

Sin embargo, si consideramos la temperatura idéntica tanto en ambas crujías, y superior a la del exterior (suponiendo un balance de invierno), vemos como en ambos muros exteriores, se ha producido un flujo de energía hacia fuera, idénticos, pero opuestos, que han enfriado a lo largo del período ambas crujías. Sin embargo, el flujo de energía a través de la partición interior será nulo, pues aunque haya habido trasvase de energía, al ser las temperaturas idénticas y el valor absoluto del flujo el mismo, se anulan.

Si ahora a esa misma vivienda se le coloca una galería en una de esas fachadas, vemos que ocurre exactamente lo mismo.. Sin embargo, lo que antes era fachada, está actuando ahora como parti-

$b > a$

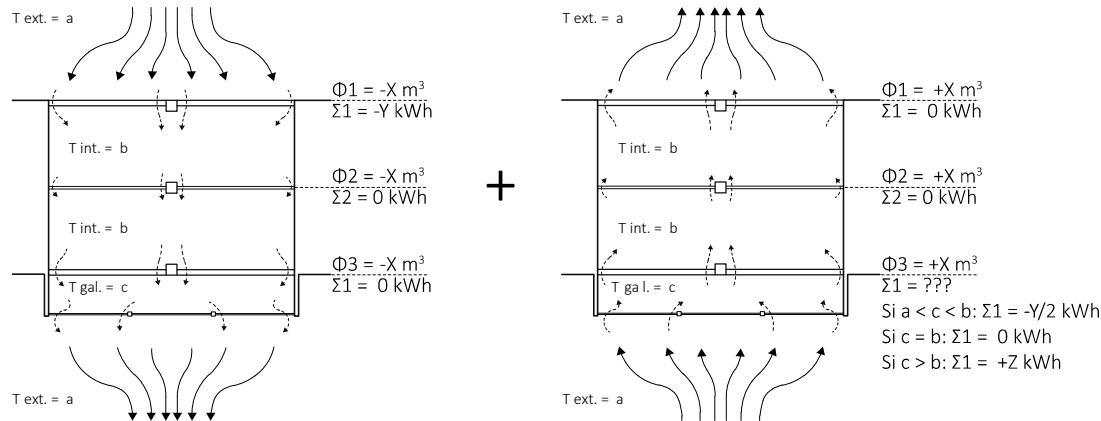


Fig. 13.3. Flujo de aire y balance en las infiltraciones de una vivienda de doble fachada, con galería. Elaboración propia

ción.

A partir de ahí, podemos deducir 3 supuestos:

- La temperatura en la galería  $>$  Temperatura interior. Se producirá una ganancia de energía, pues el aire que entra estará más caliente que el que sale, siendo éste el mismo volumen.
- La temperatura en la galería  $=$  Temperatura interior. El intercambio de energía es nulo, pues pasa lo mismo que en la partición entre ambas crujías.
- La temperatura en la galería  $<$  Temperatura interior. En este caso, se producen pérdidas, pues la galería tiene menos temperatura que el interior. No obstante, si suponemos el caso más desfavorable de una galería que no recibe apenas radiación, actuando como espacio tapón, la temperatura promedio de este espacio deberá ser, al menos, una temperatura intermedia entre la interior y exterior.

Esto quiere decir que, en el peor de los casos, cuando no hay un viento dominante, una galería conseguirá reducir, al menos, un 50% las pérdidas de infiltración por la fachada donde se coloque, pudiendo



llegar incluso a ganar energía en caso de que la temperatura en la galería fuese mayor que en el interior. En todo caso, la existencia de un viento dominante podría alterar estos valores: Enfrentar la galería al viento dominante haría aumentar estas ganancias, pues el flujo de entrada sería mayor que el de salida. Por el contrario, el peor caso sería ubicar la galería en la fachada opuesta a la del viento dominante, habiendo sólo fuga de energía por ella. Pero, aún así, supondrá una reducción de las pérdidas de energía, por el efecto tapón que genera la galería.

Se concluye, por tanto, que una galería siempre reducirá las pérdidas de energía por infiltración, llegando incluso a provocar ganancias, que se pueden potenciar mediante el estudio de los vientos dominantes.

#### *La ventilación natural:*

Lo que sucede con la ventilación, al fin y al cabo, no es muy diferente de lo que ocurre con la infiltración: el intercambio de una masa de aire entre espacios, con una dirección que dependerá del viento y de la diferencia de presiones entre el aire interior y exterior.

No obstante, cuenta con una diferencia: este intercambio de masas de aire vendrá controlado por el usuario.

Por tanto, en este caso, imperaría el criterio del usuario, que es el que decide cuando ventila. Y esto lo hará, de acuerdo a un equilibrio entre su sensación de confort y como sienta de viciado el aire.

Podemos interpretar que, si las infiltraciones nunca producirán pérdidas, e incluso serán capaces de generar ganancias, la capacidad de poder regular esta masa de aire nos puede permitir aumentar exponencialmente dichas ganancias.

Sin embargo, hemos de tener en cuenta dos cosas:

- Por una parte, al igual que pasaba al enfrentar transmitancia e inercia (Véase Fig. 10.1-10.2) un excesivo intercambio de masas de aire reducirá considerablemente la temperatura de la galería, reduciendo el efecto tapón que ésta hará y reduciendo las ganancias, incluso aumentando pérdi-

das, por transmitancia a través del muro. Algo que, si bien es cierto que el intercambio directo de masas de aire permite aumentar el rendimiento de la galería, éste factor se puede volver en contra. Igual que para aquél, sería conveniente buscar el equilibrio para cada caso.

Un eventual sistema que trasladase esta masa de aire a otras habitaciones, a modo de calefacción, habría de tener en cuenta esto.

- Por otra parte, como la gestión de la ventilación depende del usuario, y es algo que a su vez dependerá de su propia sensación, es algo difícil de normalizar. Si podemos entender que, el usuario, desde su propia experiencia, acabará regulando la apertura/cierre de ventanas buscando su confort.

Parece por tanto, lo más lógico, asumir que no se puede garantizar ningún aporte adicional por ventilación, y que éste se podría dar en todo caso ligado a unas recomendaciones de uso (tiempo de apertura de ventanas y período en que fuese posible) a las que se podría sumar otras, como el uso de cortinas que retengan la energía al irse el sol.

## 15.Propuesta para la normalización y el reconocimiento de las galerías dentro del CTE

*Ficha modelo de caracterización (Anejo D pg. 84-86)*

Antes que nada, conviene poner de manifiesto, a grandes rasgos, las principales conclusiones que se pueden extraer del estudio realizado:

- Una galería tiene unas ganancias por radiación, medibles en kWh/m<sup>2</sup>, proporcionales a la radiación solar incidente, dependientes de una orientación y un lugar, en función de sus propias características de diseño y constructivas.
- Esas ganancias interactúan con la transmitancia de energía entre el interior, el exterior, y la propia galería.
- El balance de energía entre estos espacios depende, así, de las condiciones climáticas externas e internas del edificio. Si se fijan ambas, se pueden cuantificar las ganancias de una galería.
- Dada ya la solución constructiva, el reparto de dicha energía dependerá de qué proporción de envolvente de la galería entra en contacto con el exterior, y cuánta con el interior.

Así, de este modo, como resultado del presente documento, se plantea una ficha modelo de caracterización que permitirían la cuantificación y el reconocimiento del impacto de una galería en el balance energético de un edificio.

La idea que se propone, de cara a su reconocimiento dentro del marco normativo del CTE, sería la creación de un <<catálogo de galerías solares>> inspirado en un modelo que ya existe hoy día, el <<catálogo de elementos constructivos del CTE>> donde se le atribuye una serie de especificaciones a los materiales y a las soluciones constructivas más comunes.

Por tanto, el primer input por el que se podría entrar a la ficha sería lo que se ha llamado el PCI (Perfil de Características Interiores). Esto es, igual que existen una serie de datos climáticos para una serie de localizaciones de referencia, sería hacer lo propio para el interior de los edificios. Es

decir, crear una serie de perfiles climáticos internos, ligados a unas tipologías edificatorias estándar, con las que se podrían reconocer, de forma aproximada, las circunstancias internas que determinarán el funcionamiento del edificio.

Cada uno de estos PCIs representaría un capítulo del documento. A cada uno de ellos, se le asociarían una serie de <<soluciones de galería>>, cada una de ellas representada en una de estas fichas.

Cada <<solución de galería>> vendría definida por unos parámetros constructivos y de diseño, o bien un rango de ellos. Estos, que aparecen en la ficha, son los siguientes:

1. Cerramiento exterior: Definido por un rango porcentual de superficie de captación (transparente), el tipo de vidrio (transmitancia, absorptividad y transparencia) y, si procede, la transmitancia max. del resto del cerramiento.
2. Tipo de muro interior: Definido conforme al Catálogo del CTE, con una absorptividad mínima del paramento hacia la galería. También se establece el rango porcentual de hueco, y el rango de transmitancia del mismo.
3. Suelo de la galería: Absorptividad del paramento y tipo de forjado, según catálogo del CTE.
4. Techo de la galería: Si procede, en caso de ser diferente al del suelo, transmitancia máxima.
5. Proporción altura- fondo de la galería
6. Infiltraciones de la galería hacia el exterior

Así, para cada solución de galería podrá existir una ficha donde se identifiquen, en primer lugar, las zonas climáticas que definan el clima exterior al que enfrentarse (se han empleado las de invierno del CTE, pero podría ser ampliable) y la orientación.

A cada solución constructiva, para unas condiciones interiores dadas y un clima y orientación se le puede así asignar un <<ahorro de referencia>>. Este ahorro sería una reducción en kWh/m<sup>2</sup> de fachada de la demanda, respecto a la solución de muro interior (2) empleada. De este modo, se

podría hacer un cálculo de la demanda, usando dicha solución de fachada, sobre la que aplicar luego esta reducción, simplemente multiplicando el ahorro de referencia por los metros cuadrados de fachada que ocupe la galería.

Pero antes, haría falta aplicar un par de coeficientes. Por un lado, uno relativo al factor de fachada ext./int., explicado en el capítulo 11 y registrado en el Anexo C de tablas. Por el otro, un coeficiente de <<factor de sombra>>, al que se entraría según el rango de tiempo en sombra de la superficie captora de la galería, que se podría deducir para cada caso a partir de cartas solares u algún otro método similar. El propio CTE-HE ya tiene un método para el cálculo de pérdidas por radiación aplicado a placas de ACS y fotovoltaicas.

Cabe recalcar que este método propuesto es flexible. Se ha tratado de hacer un método que sea equilibrado entre una aproximación lo más exacta posible, y una facilidad de comprensión y uso. No obstante, es susceptible de ser simplificado (a costa de ser menos exacto) o hacerlo más complejo (mayor precisión, pero también de uso y comprensión). En todo caso, es uno más de los varios caminos que se podrían desarrollar, a partir de los resultados y conclusiones mostradas en este estudio.

La cuantificación y el reconocimiento de las galerías solares, y por tanto, de estrategias bioclimáticas, es posible.

### *¿Y ahora qué? Conclusiones y pasos a seguir para incorporar al CTE los sistemas bioclimáticos*

Los resultados sobre el comportamiento de la galería que se han mostrado, han llevado a una fórmula propuesta para su reconocimiento, donde algunos factores quedan supeditados a cuestiones no reconocidas por el CTE o no existentes, pues el paradigma sobre el que se sustenta la normativa es aquél de la envolvente frontera, resultado de la crisis del petróleo de 1974.

Por tanto, la inclusión dentro del CTE del <<catálogo de galerías solares>>, e incluso otros relativos a otros sistemas bioclimáticos, depende, de esta manera, de que éste modificara, readaptara o incorporase una serie de elementos dentro de su estructura, que permitiesen convivir a las soluciones bioclimáticas con aquéllas de envolvente frontera.

En primer lugar, como no, sería el sol. El propio CTE-HE tiene ya normalizada la incidencia de radiación solar, pero aplicada a las placas solares. En la ficha tipo presentada, en las localizaciones, se han tomado las zonas climáticas de invierno. Sería conveniente cruzar ambos mapas, para tener unas zonas <<climático-solares>> algo más exactas, que deberían ser verdaderamente las localizaciones a las que enfrentar cualquier sistema bioclimático que dependa de la captación solar.

La Sierra de Aracena y el Alt Empordà se encuentran en la misma zona climática, mientras la incidencia de radiación difiere mucho en ambas, en los extremos opuestos de la península.

Reconocer que esta radiación incide también en el edificio que hay bajo las placas solares, permite reconocer que, como se ha visto en el capítulo 7 de este documento, tal y como pasa en la vida real, una fachada orientada hacia el sol tendrá unas ganancias por radiación que contrarrestan sus pérdidas por transmitancia. No es un balance mucho más complejo.

Parece necesario, por tanto, de cara a un reconocimiento de soluciones bioclimáticas, reinterpretar las tablas 3.1.1. del CTE-HE, reconociendo que, además de una zona climática, existen unas orientaciones, una incidencia solar y una absorptividad propia del muro, que afectan al comportamiento de la envolvente. Sería una cuestión de coherencia con documentos de reconocimiento, y que pondrían en valor algunas propiedades (como el calor específico) de los materiales que aparecen ya bien descritas en el Catálogo del CTE, pero que pasan desapercibidas para la mayoría de técnicos.

El factor de sombra, como se ha comentado antes, también se podría calcular con el mismo método que ya aplica el CTE para la proyección de sombras sobre las placas solares.

Se ha visto también como las infiltraciones, si bien las galerías siempre ayudan a reducirlas, son uno de los principales factores que generan pérdidas en el balance energético. Es necesario que el CTE comience a estudiar, y por tanto, a designar, unos valores de infiltraciones característicos asociados a cada solución constructiva. Esto permitiría concretar mejor el balance energético y, en el caso de las galerías, llegar a cuantificar mejor el efecto de éstas sobre las infiltraciones, que podría ser nada depreciable, como se ha visto. Ya existe, de hecho, en el Anexo H de la última revisión del CTE-HE, un método de cálculo <<manual>> para las infiltraciones.

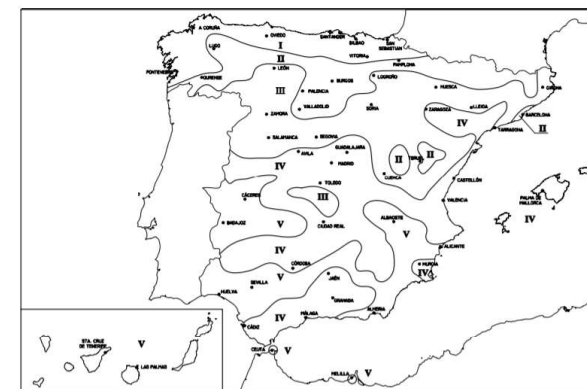


Fig. 15.1. Zonas climáticas según radiación solar del CTE-HE 5\_2006.  
Fuente: CTE-HE 5 (2006).

Finalmente, el reconocimiento de los PCIs enunciados en la ficha tipo. Hay que entender (y quizás esta sea la principal conclusión de este documento) que la envolvente bioclimática, a diferencia de la envolvente frontera, no es unidireccional.

No se puede legislar sobre ella simplemente desde la idea de unas condiciones climáticas exteriores, de las que me tengo que aislar siempre, de modo que yo usaré más o menos aislante en función de aquél, pues siempre habrá pérdidas hacia el exterior.

La bioclimática es todo lo contrario. Es una cuestión de sinergia entre lo que pasa fuera, y lo que pasa dentro. No puedes determinar su comportamiento sólo con una de las variables, te seguirá quedando una incógnita.

Es por ello que, del mismo modo que existen perfiles climáticos reconocidos, asociados a un territorio, a partir de mediciones captadas en un punto del mismo, reconocer la bioclimática pasa por establecer unos perfiles de condición interior.

En los tiempos del Big Data, esto no es un reto, sino prácticamente una realidad. Herramientas como la UrbanZEB, desarrollada por Cíclica y con la colaboración de la Escuela de Arquitectura del Vallès, están permitiendo desarrollar una caracterización energética del parque residencial.

No es una cuestión de ahorro, sino de sinergia. Una sinergia sin energía.



## ANEXO D: Ficha para el reconocimiento de las galerías solares en el CTE

A hand-drawn diagram of a window frame. The diagram shows a central rectangular opening. To the left of the opening is a vertical line labeled '1'. To the right is a vertical line labeled '2'. Above the opening is a horizontal line labeled '4\*'. Below the opening is a horizontal line labeled '3'. Inside the opening, there is a vertical arrow pointing upwards labeled '5' and a horizontal double-headed arrow labeled '3'. The top and bottom of the frame are shaded with diagonal lines.

LOCALIZACIÓN Zona clim. CTE	ORIENTACIÓN	AHORRO DE REF. (Kwh/m2 fach.)	COEF. DE FACTOR DE FACHADA INT./EXT.									COEF. DE FACTOR DE SOMBRA						RECOMENDACIONES PARA UN MEJOR USO Y RENDIMIENTO								
			Tipo Var.	T1			T2			T3			0%	0-15%	15-30%	30-60%	60-90%		>90%							
				<3m	3-9m	>9m	<3m	3-9m	>9m	<3m	3-9m	>9m														
A	Sur	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1	1	1-a	1-b	1-c	1-d	1-e	Lorem ipsum							
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F						
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F						
	SurEste	-XX,xx	V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F		1	1-a	1-b	1-c	1-d		1-e						
			V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F										1				
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F										1/F				
	SurOeste	-XX,xx	V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F			1/F	1	1-a	1-b		1-c		1-d	1-e			
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F			1/F											
			V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F			1											
	Este	-XX,xx	V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F			1/F		1	1-a		1-b		1-c	1-d		1-e	
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F			1/F											
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F			1/F											
	Oeste	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1		1			1-a	1-b	1-c		1-d	1-e			
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F													
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F													
	Norte	-XX,xx	V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	N/A				N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
			V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1													
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F													
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F													
				V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F														

6. Infiltraciones de la galería hacia el exterior:  
- *Expresada en renovaciones por hora (NOTA: previa asignación en CTE de unas ren/h a cada solución constructiva)*

[illegible]

OTRAS OBSERVACIONES:

LOCALIZACIÓN Zona clim. CTE	ORIENTACIÓN	AHORRO DE REF. (Kwh/m2 fach.)	COEF. DE FACTOR DE FACHADA INT./EXT.									COEF. DE FACTOR DE SOMBRA						RECOMENDACIONES PARA UN MEJOR USO Y RENDIMIENTO			
			Tipo	T1			T2			T3			0%	0-15%	15-30%	30-60%	60-90%		>90%		
			Var.	<3m	3-9m	>9m	<3m	3-9m	>9m	<3m	3-9m	>9m									
C	Este	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1	1	1-a	1-b	1-c	1-d	1-e			
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
	Oeste	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1		N/A	1-a	1-b	1-c	1-d		1-e	
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
	Norte	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		N/A	
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
D	Sur	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1		1	1-a	1-b	1-c	1-d	1-e	Lorem ipsum	
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
	SurEste	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1	1		1-a	1-b	1-c	1-d	1-e		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
	SurOeste	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1		1	1-a	1-b	1-c	1-d	1-e		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
	Este	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1	1		1-a	1-b	1-c	1-d	1-e		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
	Oeste	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1		1	1-a	1-b	1-c	1-d	1-e		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
	Norte	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
E	Sur	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1		1	1-a	1-b	1-c	1-d	1-e	Lorem ipsum	
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
	SurEste	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1	1		1-a	1-b	1-c	1-d	1-e		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
	SurOeste	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1		1	1-a	1-b	1-c	1-d	1-e		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F									1/F
	Este	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1	1		1-a	1-b	1-c	1-d	1-e		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
	Oeste	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1		1	1-a	1-b	1-c	1-d	1-e		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
	Norte	-XX,xx	V0	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
			V1	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V2	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	
			V3	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F	1/F								1/F	

## 15. Bibliografía:

*De los textos y reflexiones introductorias:*

- Real Academia Española: Definición de la palabra bioclimática (Consultado el 02/08/2020). Fuente: <https://dle.rae.es/bioclim%C3%A1tico>

- Redacción QUO (25/07/2012): “Por qué eres blanco o negro” (Consultado el 17/08/2020): <https://www.quo.es/ciencia/a31167/por-que-eres-blanco-o-negro/>

- Rivero Serrano, J.: “Ralph Erskin, The Box, 1941” (Consultado el 22/08/2020). Fuente: <https://hyperbole.es/2017/03/ralph-erskin-the-box-1941/>

- Hurtado, Lluís M., Amade, E., periódico El Mundo (04/09/2019): “¿Aire acondicionado cero emisiones? En Irán lo usan hace milenios” (Consultado el 19/08/2020). Fuente: <https://www.el-mundo.es/ciencia-y-salud/ciencia/2019/09/03/5d6e7ddffddff08228b45df.html>

- Fernández Caamaño, J.M., periódico El Ideal Gallego (09/12/2018): “Las galerías que convirtieron el XIX en el Siglo de las Luces en A Coruña” (Consultado el 19/08/2020). Fuente: <https://www.elidealgallego.com/articulo/coruna/reportaje-galerias-convirtieron-xix-siglo-luces-coruna/20181208222142391738.html>

- Cuchí Burgos, A. (2019) Metabolismo social y ciudad. MISMeC curso 2019/20: “De la sociedad orgánica a la sociedad industrial”.

- Parlamento Europeo, notas de prensa (28/11/2019): “El Parlamento Europeo declara la emergencia climática” (Consultado el 19/08/2020). Fuente: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20191121IPR67110/el-parlamento-europeo-declara-la-emergencia-climatica>

- AAVV., Wikiarquitectura.es: “El sanatorio antituberculoso Paimio, Alvar Aalto (1929-1933)” (Consultado el 20/08/2020). Fuente: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/sanatorio-antituberculoso-paimio/#>

- Zuleta, G. (08/02/2011), plataformaarquitectura.cl: “Clásicos de Arquitectura: El Pabellón Alemán / Mies Van der Rohe” (Consultado el 20/08/2020). Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-69314/clasicos-de-arquitectura-el-pabellon-aleman-mies-van-der-rohe>

- Márquez Cecilia, F., Levene R. et al., Revista El Croquis Num 203 (2020): “2010-2020 H-Arquitectes. Aprender a vivir de otra manera” (p.6- p.40)

- Cuchí Burgos, A. (2019) Rehabilitar. MISMeC curso 2019/20: “Materiales”.

- Vioque R. (2016) Taller de proyectos VI. 4º curso del Grado en Arquitectura Plan 2010, ETSAS: “La Casa Patio Sevillana”

#### *Del estudio y análisis de las galerías solares:*

- Álvarez Domínguez, S. et al. Grupo de termotecnia, ETSI- Universidad de Sevilla (2006- 2008): “Proyecto Reconsost, Investigación sobre el Comportamiento Térmico de Soluciones Constructivas Bioclimáticas” (Consultado en 06/2020). Fuente: <https://arquieficiencia.files.wordpress.com/>

- López, F.: “Documents d’ajuda pel compliment de les Normes Urbanístiques del Pla de Baix de Domeny” (p.2 a p.36)

- Mitjà i Sarvisé, A. et al., Departament d’Indústria Comerç i Turisme | Generalitat de Catalunya (09/2001): “Atlas de radiació Solar a Catalunya”(p.69 a p.75)

- Instituto Eduardo Torroja. Código Técnico de la Edificación, Ministerio de la Vivienda, Gobierno de España (03/2010): “Catálogo de elementos constructivos del CTE”

- Ministerio de Fomento, Gobierno de España (20/12/2019): “Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Ahorro de Energía”

- Ministerio de Fomento, Gobierno de España (28/03/2006): “Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Ahorro de Energía”

- Rodríguez, M., Revista digital INESEM (22/08/2014): “Cálculo pérdidas radiación solar por sombras, orientación e inclinación según HE4 CTE 2013” (Consultado el 03/09/2020). Fuente: <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/calculo-perdidas-radiacion-solar-sombras-orientacion-inclinacion-he4-cte-2013/>
- Cíclica, proyecto UrbanZEB (2018): “Singularidades, Dimensiones y Fases” (Consultado el 03/09/2020). Fuente: <http://urbanzeb.com/>

*Agradecimientos:*

*<< Al equipo docente y al alumnado del curso 2019/2020 del MISMeC, por su voluntad para salvar el año académico pese a la difícil realidad que estamos viviendo. Y a todos mis seres queridos, por su apoyo y comprensión en un tiempo que, como a mucha gente, se me está haciendo duro>>*

*Barcelona, 6 de septiembre de 2020*